Tschermak G.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

# Die Chloritgruppe.

## I. Theil

von

**G. Tschermak,**
w. M. k. Akad.

(Mit 5 Tafeln und 22 Textfiguren.)

**(Vorgelegt in der Sitzung am 17. April 1890.)**

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XCIX. Abth. I. April 1890.

WIEN, 1890.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

**IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,**
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

12 B

# Druckschriften

## der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien

### (Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe).

---

### Selbständige Werke.

1. Die internationale Polarforschung 1882—1883. Die österreichische Polarstation **Jan Mayen.**

Band I enthält den Vorbericht der Expedition, ferner die astronomischen, geographischen, meteorologischen und oceanographischen Resultate der Expedition.

Band II umfasst die Polarlicht- und Spectralbeobachtungen auf Jan Mayen.

Band III Naturhistorischer Theil. 1. Zoologie. 2. Botanik. 3. Mineralogie.

Das ganze Werk, drei Quartbände. (Mit 4 Karten, 65 Tafeln und 10 Textfiguren.) . . . . . 30 fl.

Vorbericht der Expedition. Separatausgabe aus dem I. Bande dieses Werkes. Derselbe bildet den beschreibenden Theil der Expedition. (Mit 1 Karte und 3 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 75 kr.

2. Deutsche Ausgabe des Werkes: **La Turquie d'Europe par A. Boué.** Zwei Bände. Lexiconformat. (Mit dem Bildnisse des Verfassers.) . . . . cart. 10 fl. — kr.
broch. 9 „ 50 „

### Periodische Publicationen.

#### [Mineralogie, Geologie und Paläontologie.]

#### Aus den Denkschriften für 1885.

Bruder G., die Fauna der Jura-Ablagerung von Hohnstein in Sachsen. (Mit 5 Tafeln und 1 Holzschnitt.) . . . . . 2 fl. 50 kr.

Ettingshausen, C. Freih. v., die fossile Flora von Sagor in Krain. III. Theil. (Schluss). (Mit 5 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 40 kr.

Laube, G., ein Beitrag zur Kenntniss der Fische des böhmischen Turon. (Mit 1 Tafel und 2 Holzschnitten.) . . . . . — fl. 90 kr.

Neumayr, M., die geographische Verbreitung der Juraformation. (Mit 2 Karten und 1 Tafel . . . . . 3 fl. 60 kr.

Purschke, C. A., *Clemmys sarmatica* n. sp. aus dem Tegel von Hernals bei Wien. (Mit 1 Tafel.) — fl. 60 kr.

Toula, F., Geologische Untersuchungen in der Grauwackenzone der nordöstlichen Alpen mit besonderer Berücksichtigung des Semmeringgebietes (Mit 1 Karte, 1 Tafel und 43 Holzschnitten.) . . . . . 2 fl. 50 kr.

— und Kail, A., über einen Krokodil-Schädel aus den Tertiärablagerungen von Eggenburg in Niederösterreich. (Mit 3 Tafeln und 3 Holzschnitten.) . . . . . 2 fl. 60 kr.

#### Aus den Sitzungsberichten für 1885.

Diener, C., die Structur des Jordanquellgebietes. (Mit 2 Tafeln.) . . . . . — fl. 40 kr.

Ebner, V. v., die Lösungsflächen des Kalkspathes und des Aragonites. II. Die Ätzfiguren des Kalkspathes. III. Die Lösungsflächen des Aragonites. (Fortsetzung und Schluss.) (Mit 6 Tafeln.) . . . . . 2 fl. — kr.

Ettingshausen, C. Freih. v, die fossile Flora von Sagor in Krain. III. Theil. (Schluss.) (Auszug aus den Denkschriften.) . . . . . — fl. 10 kr.

Fuchs, C. W., Statistik der Erdbeben von 1865 bis 1885 . . . . . 3 fl. 40 kr.

Počta, Ph., über fossile Kalkelemente der Alcyoniden und Holothuriden und verwandte recente Formen. (Mit 1 Tafel.) . . . . . — fl. 20 kr.

Prohaska, K., über den Basalt von Kollnitz im Lavantthale und dessen glasige cordieritführende Einschlüsse. (Mit 3 Holzschnitten.) . . . . . — fl. 18 kr.

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XCIX. Abth. I. April 1890.

# Die Chloritgruppe.

## I. Theil

von

G. Tschermak,
w. M. k. Akad.

(Mit 5 Tafeln und 22 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. April 1890.)

Werner fasste zuerst unter dem Namen Chlorit jene grünen blätterigen Minerale, welche früher mit dem Talk vereinigt, öfter auch zum Glimmer gerechnet worden waren, als eine besondere Gattung zusammen. Die Kenntniss der Formen blieb lange Zeit eine sehr beschränkte, da messbare Krystalle selten sind. Auch die chemische Zusammensetzung war nach den ersten von Vauquelin und von Lampadius ausgeführten Untersuchungen bloss theilweise bekannt.

Kobell stellte 1827 Analysen an, welche zeigten, dass der Chlorit nicht bloss durch seinen wesentlichen Thonerdegehalt, sondern auch durch einen höheren Wassergehalt von ungefähr 12% vom Talk verschieden sei, vom Glimmer aber durch den Mangel an Alkalien. 1838 untersuchte derselbe Forscher mehrere Chlorite und trennte auf Grund der erhaltenen Resultate dieselben in zwei Gattungen. Die eine, welcher er den Namen Chlorit beliess, umfasste kieselärmere Minerale, zu welchen das dichte oder zerreibliche Vorkommen von Rauris gehörte, die andere, welche als Ripidolith bezeichnet wurde, enthielt kieselreichere Minerale, für welche das krystallisirte Vorkommen von Achmatowsk ein Beispiel. Kurz darauf entdeckte Fröbel unter den Schweizer Mineralen ein ferneres Glied, den Pennin, welcher nach den Analysen von Schweizer und Marignac sich am kieselreichsten erwies.

So war der Chlorit Werners in drei Gattungen getheilt, deren Form von der Mehrzahl der Mineralogen für hexagonal oder rhomboëdrisch gehalten wurde. In der Nomenclatur trat aber bald eine Verwirrung ein, weil Viele dem Vorschlage G. Rose's folgten, die beiden Kobell'schen Namen zu vertauschen. Rose hielt nämlich den Namen Ripidolith (Fächerstein) für nicht bezeichnend, weil die fächerartige Gruppirung der Blättchen mehr dem zerreiblichen Mineral von Rauris, vom Gotthard und den verwandten Mineralen zukomme, welche nunmehr von Vielen mit dem Namen Ripidolith bezeichnet wurden, während das Mineral von Achmatowsk und die demselben nahestehenden Chlorit genannt wurden. Mittlerweile entdeckte man chromhaltige Glieder der Chloritgruppe. Nordenskiöld beschrieb 1841 den Kämmererit, Fiedler 1842 den Rhodochrom. Auch ein fast eisenfreier weisser Chlorit wurde zu dieser Zeit bekannt. Es war der von Komonen beschriebene Leuchtenbergit. Diese drei fanden ihren Platz zwischen dem Pennin und dem vorhergehenden Gliede. Aber auch andere weniger genau bestimmbare Chlorite waren allmälig aufgetaucht, wie der Pyrosklerit, Epichlorit, Tabergit, Aphrosiderit. Die in Blasenräumen der Mandelsteine vorkommenden Chlorite erhielten auf Naumann's Vorschlag die Bezeichnung Delessit. Einige Zeit vorher waren aber auch solche Minerale bekannt geworden, welche sich als Repräsentanten einer neuen Reihe von Chloriten darstellten. 1821 beschrieb Steinmann den Cronstedtit, 1832 Breithaupt den Thuringit.

Die schönen Krystalle des Minerals von Achmatowsk versprachen eine genauere Bestimmung der Form dieses Chlorits, daher Kokscharow 1851 Messungen anstellte, deren Resultate er auf ein hexagonales Krystallsystem bezog. Ebenso hatte er schon vorher den Kämmererit als hexagonal bestimmt. Obwohl Kokscharow gezwungen war, complicirte Indices anzunehmen, so stimmten doch die Resultate mit der Rechnung nur unvollkommen überein. Im selben Jahre 1851 veröffentlichte Blake seine Beobachtung an dem Chlorit von Westchester, den er optisch zweiaxig fand, mit ungleicher Neigung der optischen Axen gegen die Ebene der vollkommenen Spaltbarkeit. Er hielt das Mineral für ein vom Chlorit und Ripidolith verschiedenes und nannte das-

selbe Klinochlor. Craw's Analyse zeigte jedoch die Übereinstimmung mit dem Mineral von Achmatowsk. Kokscharow unterwarf hierauf 1854 die Krystalle von Achmatowsk einer neuerlichen Untersuchung und fand nunmehr die Winkelverhältnisse wie die Symmetrie dem monoklinen System entsprechend. 1866 stellte Hessenberg Messungen an einem Klinochlor aus dem Zillerthal an, welche mit den vorgenannten Resultaten harmoniren, obgleich der Typus der Krystalle ein anderer ist. Der Klinochlor von Pfitsch und jener von Texas wurden von Descloizeaux und von Cooke geprüft. Ersterer führte an einer grösseren Zahl von Klinochlorvorkommen optische Bestimmungen aus, welche eine grosse Verschiedenheit der Axenwinkel ergaben. Auch der Pennin wurde von mehreren Beobachtern untersucht, ohne dass übereinstimmende Krystallwinkel erhalten worden wären. Aus der Symmetrie der Krystalle und dem optischen Verhalten schloss Descloizeaux auf ein rhomboëdrisches Krystallsystem.

Während der Pennin seinen ursprünglichen Namen behalten hatte, war seit Kokscharow's Untersuchungen für die optisch zweiaxigen Chlorite der Name Klinochlor in Übung gekommen und für die kieselärmeren, deren Form nicht genauer bestimmt werden konnte, der Name Ripidolith. Für letzteren schlug J. Dana 1867 die Bezeichnung Prochlorit vor, da sich der ursprüngliche Kobell'sche Name Chlorit nicht mehr leicht restituiren lässt und derselbe sich viel besser zur Bezeichnung der ganzen Mineralgruppe eignet.

Der Unterschied, welchen die Krystallformen der genannten drei Chlorite darbieten, wurde 1877 von Mallard als unwesentlich erklärt, gemäss der Ansicht, dass die anscheinend rhomboëdrischen Gestalten des Pennins durch eine regelmässige Verwachsung von Klinochlorkrystallen in drei um 120° verschiedenen Stellungen hervorgebracht werden. Demnach würden die Abtheilungen Pennin, Klinochlor und Prochlorit nur als Unterabtheilungen derselben Gattung zu betrachten sein.

Die inzwischen durch den Eifer der Analytiker, wie Marignac, Fellenberg, Hermann, Delesse zahlreich gewordenen Analysen ergaben eine Zusammengehörigkeit aller zu den drei erwähnten Abtheilungen gehörigen Minerale, obgleich die Bestimmung der beiden Oxyde des Eisens fast überall fehlte.

Dennoch konnte schon 1861 Kenngott den Versuch machen, die Zusammensetzung aller dieser Chlorite auf eine gemeinsame Formel zu beziehen, während Rammelsberg in einem Punkte noch weiter ging, indem derselbe für Pennin und Klinochlor die gleiche chemische Natur annehmen zu dürfen glaubte. In den letzten Jahren wurden vollständige Analysen ausgeführt, welche den Zusammenhang der früher genannten Gattungen bestätigten. Auch neue Glieder wurden unterschieden: Unter den deutlich blätterigen Chloriten der Korundophilit und Amesit durch Cooke und Shepard, der chromhaltige Kotschubeit von Kokscharow. Von dichten und erdigen wurden der Loganit, Pseudophit, Metachlorit, Strigovit und Andere bekannt.

Die Kenntniss von der Bildung der Chlorite begann mit den Beobachtungen der Pseudomorphosen, welche Blum, Bischof und deren Nachfolger zu der Ansicht führten, dass die Chlorite oft durch Umwandlung von Mineralen der Amphibol- und Pyroxengruppe, sowie aus Granat, Biotit, Feldspath entstehen. Die Analysen von Lemberg, Hauer und von mir liessen erkennen, dass die pseudomorphen Chlorite allen drei Gattungen der Hauptreihe angehören. Durch die eifrige mikroskopische Untersuchung der Gesteine wurde in letzter Zeit wahrgenommen, dass die Chlorite in der That zumeist aus Augit, Hornblende, Biotit hervorgehen, dass diese Umwandlung eine in der Erdrinde gewöhnliche Erscheinung sei und den Chloriten zumeist eine secundäre Bildungsweise zukomme.

Die hier kurz angedeutete Entwicklung der Naturgeschichte der Chlorite drängt im gegenwärtigen Augenblicke zur Beantwortung der Frage, ob die Chlorite verschiedene Gattungen darstellen oder nicht, ob demgemäss diese Minerale in morphologischer Beziehung von mehreren Grundformen abzuleiten seien oder von einer einzigen, und ob in chemischer Hinsicht eine Trennung in scharf begrenzte Glieder geboten sei oder ob die Chlorite eine continuirliche Reihe darstellen. Die Lösung des chemischen Theiles der Frage würde im Weiteren zur Kenntniss der in den Chloriten enthaltenen einzelnen Verbindungen führen und diese Kenntniss würde die theoretische Ableitung der Chlorite von denjenigen Mineralen, aus welchen sie sich bilden, ermöglichen.

Als ich vor mehreren Jahren die Glimmergruppe bearbeitet hatte, entstand in mir der Wunsch, auch zur Lösung der eben genannten Fragen etwas beitragen zu können. Während ich mir dazu geeignetes Material zu verschaffen suchte und an die mineralogische Prüfung der einzelnen Objecte ging, wurde meine Arbeit durch die Mitwirkung meines hochverehrten Freundes Prof. E. Ludwig ungemein gefördert, indem die von mir ausgewählten Proben in seinem Laboratorium unter seiner Leitung der Analyse unterworfen wurden. Es freut mich sehr, Herrn Prof. Ludwig für seine Bemühungen, durch welche mehrere wichtige Resultate gewonnen wurden, hier meinen besten Dank aussprechen zu können.

Die Anordnung der folgenden Mittheilungen betreffend, möchte ich hier vorausschicken, dass zuerst die physikalischen Eigenschaften der von mir geprüften Chlorite besprochen werden, hierauf aber die chemische Zusammensetzung der Chlorite und die Systematik der Gruppe zur Behandlung kommen. Um in dem ersten Theile an Bekanntes anzuknüpfen, musste ich hier auf eine systematische Anordnung verzichten, doch will ich, um den leitenden Gedanken anzudeuten, schon hier bemerken, dass die meisten der genauer bekannten Chlorite sich als Glieder einer Reihe darstellen, welche hier die Hauptreihe genannt wird, und welche, wenn das kieselreichste Glied vorangestellt wird, mit dem Pennin beginnt: Pennin, Klinochlor, Prochlorit, Korundophilit, Amesit.

Von den Chloriten, welche nicht in diese Reihe gehören, sind bloss der Cronstedtit, Metachlorit, Thuringit, diese einer Nebenreihe angehörig, etwas genauer untersucht, während die übrigen, welche nicht in deutlichen Krystallen gefunden werden, wegen Unvollständigkeit der bisherigen Angaben jetzt noch nicht classificirt werden können.

## Chlorite der Hauptreihe.

Diese Chlorite haben in ihren äusseren Eigenschaften sehr viel Übereinstimmendes. In der Krystallisation besteht das Gemeinsame darin, dass der Umriss der tafelförmigen, sowie der Querschnitt der rhomboëdrischen oder säulenförmigen Krystalle einem regulären Sechseck oder einer daraus abgeleiteten Figur

entspricht, dass bestimmte Winkel an den verschiedenen Formen sich wiederholen, dass der treppenartige Charakter der Flächen an allen Chloriten wiederkehrt und in der damit zusammenhängenden Zwillingsbildung eine grosse Ähnlichkeit herrscht. In der Elasticität, Spaltbarkeit und in Bezug auf die Schlagfiguren zeigt sich vollkommene Übereinstimmung, auch der Dichroismus der gefärbten Arten ist grösstentheils der gleiche. In der optischen Orientirung besteht der Zusammenhang darin, dass bei grossem Axenwinkel die erste Mittellinie von der Normalen zur Spaltebene stets erheblich abweicht, dass bei Verkleinerung des Axenwinkels diese Abweichung abnimmt und in den optisch einaxigen Chloriten die optische Axe zur Spaltebene senkrecht ist.

Die Gestalt der Krystalle ist entweder eine deutlich monokline, oder sie zeigt in Folge complicirter Zwillingsbildung hexagonale und rhomboëdrische Umrisse. Die letzteren Formen führen zu einem Endgliede im Pennin, dessen Krystallsystem bisher als ein rhomboëdrisches angesehen wurde. Einfache monokline Krystalle wurden bloss in drei Fällen beobachtet, welche bei dem Klinochlor von Achmatowsk und jenem vom Typus Zillerthal namhaft gemacht werden.

## Klinochlor vom Typus Achmatowsk.

Durch die Messungen v. Kokscharow's an dem Klinochlor von Achmatowsk[1] ist die Krystallform als eine monokline bestimmt worden. Nach der von Kokscharow gewählten Aufstellung und Flächenbezeichnung ist die zur Ebene der vollkommenen Spaltbarkeit parallele Fläche $P = 001$, ferner eine sehr oft wiederkehrende Fläche $M = 110$ und eine ebenfalls häufige $o = \bar{1}11$. Aus den Winkeln $PM = 66°3'$, $MM = 54°23'$ und $Po = 77°53{\cdot}5'$ berechnet dieser Forscher das Axenverhältniss $a : b : c = 1 : 1{\cdot}73195 : 1{\cdot}47756$ und $\beta = 62°51'$. Die angeführten Winkel für $PM$ und $MM$ ergeben die Abweichung der Zonen 001 : 010 und 001 : 110 zu 59°59′55″. Statt dieser kann man unbedenklich den Winkel zu $60°0'0'' = MPh$ annehmen, denn es ergibt die Rechnung unter Anwendung dieses Werthes und des gemessenen von $PM$ für den Winkel $MM$ den Werth

[1] Materialien zur Mineralogie Russlands. II. Bd., S. 7 ff.

$54°22'51''$, welcher nur um 9" von der Messung abweicht. Diese Differenz ist aber hier ohne Belang, da der Fehler der Messung viel grösser ist. Nach der Annahme von 60° für die Abweichung jener zwei Zonen ergibt sich für das Verhältniss der Längs- und der Queraxe $a : b = 1 : \sqrt{3}$.

Davon ausgehend, suchte Naumann eine Aufstellung des Klinochlors, für welche auch das Verhältniss $a : c$ durch Wurzelgrössen darstellbar ist, und fand eine solche bei der Annahme $P = 001$, $o = 110$ und $M = \bar{1}11$. Danach berechnete er aus den zuvor angeführten Winkeln $a : b : c = \sqrt{6} : \sqrt{18} : \sqrt{11}$ und $\beta = 76°4'$. Naumann machte hierauf in seinen Elementen der Mineralogie den Vorschlag, für den Klinochlor dieses Axensystem anzunehmen, also eine Aufstellung zu wählen, zufolge welcher die bei Koksharow oben vorn gelegenen Flächen nunmehr oben rückwärts zu liegen kommen. Mallard, welcher auf Grund optischer Beobachtungen zu der Ansicht gelangte, dass Klinochlor und Pennin zu einer und derselben Gattung zu zählen seien, versuchte, um die Formen beider leicht vergleichbar zu machen, eine Aufstellung, bei welcher $\beta$ einen Werth erhält, der nahezu 90° beträgt, jedoch konnte dieser Vorschlag in der Abhandlung, welche ein allgemeineres Ziel verfolgt, bloss angedeutet werden.[1]

Koksharow's Aufstellung hat die Priorität für sich, die Naumann'sche sucht ihren Vorzug in der Darstellung des Axenverhältnisses, für welche theoretische Gründe sprechen. Mallard's Vorschlag beabsichtigt bloss die leichtere Vergleichbarkeit mit Pennin, doch ist nicht zu leugnen, dass bei der Vergleichung einer monoklinen mit einer rhomboëdrischen Form wegen der völligen Verschiedenheit der Axenlage nur die Winkelverhältnisse in Betracht kommen. Dagegen wird der Vergleich der Chlorite mit allen ähnlichen Mineralen, besonders mit den

---

[1] Explication des phénomènes optiques anomaux etc., p. 97. Mallard setzt $M = 11\bar{2}$, $o = 221$ und berechnet $\beta = 89°43'$, $\frac{a}{c} = 2 \cdot 215$, während sich bei dieser Aufstellung $\beta = 84°32'$ und $\frac{a}{c} = 3 \cdot 743$ ergeben würden. Obgleich sich hier zwei Fehler eingeschlichen haben, welche die Absicht des Autors verdecken, so glaube ich doch, dass Mallard die von mir angenommene Aufstellung vorschlagen wollte.

Glimmern sehr erleichtert, wenn für diese und jene eine Aufstellung gewählt wird, bei welcher der Winkel $\beta$ den Werth von 90° oder nahezu 90° erhält. Eine solche Aufstellung des Klinochlors würde also einen viel weiter gehenden praktischen Vorzug besitzen, als ursprünglich angenommen wurde. Ausserdem würde das Axenverhältniss gleichfalls durch Wurzelgrössen ausdrückbar, da für $\beta = 89°40'$ das Axenverhältniss $a:b:c = 0{\cdot}57735:1:1{\cdot}13855$ erhalten werden kann, welches $\sqrt{9}:\sqrt{27}:\sqrt{35}$ ist.

Aus diesen Gründen habe ich mich für die letztere Aufstellung entschieden, obgleich mir anfänglich eine vierte Aufstellung, bei welcher $P = 001$, $M = 111$ und $o = \bar{1}11$, wonach $\beta = 82°26'$ wird, mehr zusagte, weil viele Flächen kleinere Indices erhalten. Nach der Annahme, welche der folgenden Darstellung zu Grunde liegt, sind $P = 001$, $M = 112$, $o = \bar{1}11$ und es berechnet sich, wenn man von den Winkeln $PM = 66°3'$, $Po = 77°53{\cdot}5'$ und $MPh = 60°0'$ ausgeht,

$$a:b:c = 0{\cdot}57735:1:2{\cdot}2771,\ \beta = 89°40'.$$

In der Flächenbezeichnung wurde eine kleine Änderung vorgenommen, ähnlich der von Naumann vorgeschlagenen, indem statt $P$ und $M$ nunmehr $c$ und $m$ gesetzt werden. Für jene Flächen, welche Kokscharow mit diesen beiden letzteren Buchstaben bezeichnete, sollen $\varepsilon$ und $\mu$ verwendet werden. Statt $h$ wird $b$ gesetzt. Demnach verhalten sich die früheren Bezeichnungen zu den von mir angewandten, wie folgt:

| Koksch. | T. | Koksch. | T. |
|---|---|---|---|
| $u = 221$ | $u = 227$ | $P = 001$ | $c = 001$ |
| $d = 661$ | $d = 225$ | $x = 401$ | $x = 4.0.11$ |
| $M = 110$ | $m = 112$ | $z = \bar{4}01$ | $z = 405$ |
| $o = \bar{1}11$ | $o = \bar{1}11$ | $i = \bar{1}01$ | $i = \bar{1}01$ |
| $m = \bar{3}34$ | $\mu = \bar{1}12$ | $y = \bar{2}03$ | $y = \bar{2}05$ |
| $n = \bar{2}23$ | $n = \bar{2}25$ | $w = 261$ | $w = 267$ |
| $k = 031$ | $k = 011$ | $v = 130$ | $v = 132$ |
| $t = 041$ | $t = 043$ | $c = 263$ | $\varepsilon = 265$ |
| $h = 010$ | $b = 010$ | $s = \bar{1}32$ | $s = \bar{1}33$ |

An Krystallen von Pfitsch beobachtete Descloizeaux[1] überdies vier Flächen, welche hier mit $\beta$, $\delta$, $\vartheta$, $\varkappa$ bezeichnet werden. Die Signatur ist nach meiner Aufstellung:

[1] Manuel de Minéralogie, I., p. 442.

$\beta = 0.11.24$ $\vartheta = 0.11.18$
$\delta = 059$ $\varkappa = 034$

In letzter Zeit (Materialien z. Min. R. Bd. 10, S. 48.) gab v. Kokscharow noch eine am Klinochlor von Achmatowsk beobachtete Fläche an, welche nach seiner Bezeichnung $r = (\overline{17}, 17, 25)$ ist und von mir mit $\pi = (\bar{5}.5.12)$ bezeichnet wird.

Meine Beobachtungen erstrecken sich auf Krystalle von Achmatowsk, Pfitsch und Texas. Dieselben waren zumeist Zwillingsbildungen und die einfachen Krystalle waren nicht sehr vollkommen, doch konnte ich Messungen anstellen, welche Kokscharow's Resultate bestätigen, und ich konnte diese mit der optischen Bestimmung vereinigen. Die Krystalle von Achmatowsk waren smaragdgrün bis schwarzgrün, von prächtigen Diopsidkrystallen, zuweilen auch von einzelnen Beryllprismen und angeätzten Calcitresten, an einigen Stufen auch von rothem Granat begleitet und auf einem Grünschiefer, der zumeist aus Klinochlor besteht, oder auf einem Gemenge von Granat, Diopsid und Klinochlor sitzend. Die Pfitscher Krystalle sind von feinen, farblosen, bis grünlichen Diopsidprismen, auch zuweilen von gelbem Titanit und von Calcit, selten von farblosem Zirkon oder Quarz begleitet. Sie erscheinen in Spalten eines Gemenges von Granat, Salit, Klinochlor und Calcit angesiedelt, welches öfter schiefrig ist. Die Drusen der smaragdgrünen bis schwärzlichgrünen Krystalle von Texas, deren einige mir mit der Bezeichnung Pennin zukamen, sitzen auf körnigem Chromit. Zwei Umstände waren einer genauen Messung hinderlich, erstens die Beschaffenheit der Flächen, da häufig anscheinend einheitlich gebildete glatte Flächen bei der goniometrischen Prüfung aus Streifen verschiedener Neigung zusammengesetzt erschienen und verzerrte Reflexe oder viele knapp nacheinander folgende Bilder lieferten, zweitens die Zwillingsbildung, welche auch an scheinbar einfachen Krystallen untergeordnet auftritt und Flächen aus einer Zone in eine andere überträgt, wodurch leicht Irrthümer entstehen. Um diese zu vermeiden, wurden alle von mir gemessenen Krystalle optisch geprüft und auf Grund dieser Untersuchung in gleicher Weise orientirt. Ausser den von Kokscharow und Descloizeaux angegebenen Flächen konnte ich noch $e = (6.6.17)$, $\nu = (\bar{3}37)$, $l = (\bar{7}.7.20)$, $\ddot{u} = (\bar{7}.7.25)$, $\eta = (\bar{4}.4.17)$, $\varsigma = (7.21.8)$ und $\tau = (053)$ als neue Flächen bestimmen.

Folgende Tafel gibt die bisher beobachteten Winkel der genannten Flächen mit *c* an. Meine Messungen sind an je einem Krystall angestellt. Die angegebenen Resultate sind solche, welche man als ziemlich gute bezeichnen kann, da der wahrscheinliche Fehler nur wenige Minuten beträgt. Die Fundorte Achmatowsk, Pfitsch, Texas erscheinen durch *A.*, *P.*, *T.* bezeichnet.

| | Berechnet | Kok. | Descl. | T. |
|---|---|---|---|---|
| $x = 4.0.11$ | 54°53' | 54°56' | — | — |
| $z = 405$ | 72 7 | — | — | — |
| $i = \bar{1}01$ | 76 5 | — | — | 76°10' *A.* |
| $y = \bar{2}05$ | 57 52 | — | — | — |
| $u = 227$ | 52 17 | — | — | — *A.* |
| $e = 6.6.17$ | 58 13 | — | — | 58 20 *T.* |
| $d = 225$ | 61 1 | 60 55 | — | — |
| $m = 112$ | — | 66 3 | — | — *A.* |
| $o = \bar{1}11$ | — | 77 53·5 | — | — *A.* |
| $\mu = \bar{1}12$ | 66 32 | — | — | 66 20 *A.* |
| $\nu = \bar{3}37$ | 63 6 | — | — | 63 18 *A.* |
| $\pi = \bar{5}.5.12$ | 62 26 | 62 22 | — | — |
| $n = \bar{2}25$ | 61 28 | 61 32 | — | 61 30 *A.* |
| $l = \bar{7}.7.20$ | 58 6 | — | — | 58 0 *T.* |
| $\ddot{u} = \bar{7}.7.25$ | 52 4 | — | — | 52 8 *P.* |
| $\eta = \bar{4}.4.17$ | 47 10 | — | — | 47 0 *P.* |
| $w = 267$ | 65 56 | — | — | — |
| $v = 132$ | 75 37 | — | — | — |
| $\varsigma = 7.21.8$ | 81 35 | — | — | 81 33 *A.* |
| $\varepsilon = \bar{2}65$ | 72 34 | — | — | — |
| $s = 134$ | 63 15 | — | — | — |
| $\beta = 0.11.24$ | 46 14 | — | 46 46 | 46 16 *P.* |
| $\delta = 059$ | 51 41 | — | 51 11 | — |
| $\vartheta = 0.11.18$ | 54 18 | — | 54 30 | 54 20 *T.* |
| $\varkappa = 034$ | 59 39 | — | 59 30 | — |
| $k = 011$ | 66 17 | — | — | — |
| $t = 043$ | 71 46 | 71 49 | — | 71 20 *A.* |
| $\tau = 053$ | 75 14 | — | — | 75 21 *T.* |

Ausser den von mir angegebenen Flächen beobachtete ich noch mehrere andere, die nicht bestimmt werden konnten. Unter $\beta$ sind vielleicht zwei Flächen begriffen, da die Messung Descloizeaux' mit der aus der Bezeichnung 0.11.24 folgenden Zahl nicht gut übereinstimmt. Für 0.7.15 würde sich der Winkel 46°45' berechnen, was mit der Messung stimmt. Meine Messung

für *t* würde besser mit 0.13.10 harmoniren, wofür die Rechnung 71°20′ ergibt.

Aus den vorher angeführten Zahlen folgt, dass öfter zwei Flächen von verschiedener Art gegen *c* annähernd gleich geneigt sind. Dies ist bei rhombischen und monoklinen Krystallen, welche Zonen von genau 120° Abweichung besitzen, wiederholt beobachtet, beim Klinochlor, der eine Neigung zur Mimesie besitzt, besonders häufig. Hier sind sechs Zonen entwickelt, welche durch die Normale auf *c* gehen und von einander um je 30° abweichen. Nun sind aber am Klinochlor bisher zwei Gesetze der Zwillingsbildung mit Sicherheit erkannt worden. Nach dem einen ist eine Ebene, welche in der Zone *cm* liegt und auf *c* senkrecht ist, die Zwillingsebene (Glimmergesetz); nach dem anderen ist die Zwillingsebene parallel *c* (Penningesetz). Nach dem ersten Gesetze werden bei der Bildung von Überlagerungszwillingen Flächen aus einer der genannten Zonen in eine andere übertragen, welche von der vorigen im Azimuth um 60° oder um ein Vielfaches von 60° abweicht. Nach dem zweiten Gesetze werden alle Flächen in dieselben Zonen, aber in eine andere Lage, welche im Azimuth um 180° verschieden ist, übertragen. Da nun die Mehrzahl der Klinochlorkrystalle aus mehreren oder auch sehr vielen in Zwillingsstellung befindlichen Blättchen aufgebaut sind, so können auch in scheinbar einfachen Krystallen derlei dünne Blättchen eingeschaltet sein und es können sich demnach schmale Flächen in solchen Zonen finden, die von der Lage am einfachen Krystall um 60° oder um ein Vielfaches von 60° verschieden sind. Es ist daher nicht ohne Belang, jene Flächen zusammenzustellen, welche eine ähnliche Neigung zu *c* ergeben haben und bezüglich ihrer durch *c* laufenden Zonen jene Abweichungen zeigen. Im Folgenden sind die beobachteten Flächen in dieser Beziehung verglichen, und es sind auch zwei Flächen, die noch nicht beobachtet wurden, zum Vergleiche benutzt.

*a)* Zonen um 60° oder 120° verschieden:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta = 0.7.15$ | ber. | 46°45′ | beob. 46′ | und | $\eta = \bar{4}.4.17$ | ber. 47°10′ | beob. 0′ |
| 056 | | 62 12 | — | | $n = \bar{5}.5.12$ | 62 26 | 22 |
| $k = 011$ | | 66 17 | — | | $\mu = \bar{1}12$ | 66 32 | 20 |
| $z = 405$ | | 72 7 | — | | $\varepsilon = \bar{2}65$ | 72 34 | — |
| $v = 132$ | | 75 37 | — | | $i = \bar{1}01$ | 76 5 | 10 |

In den letzten Fällen ist der Unterschied so gross, dass eine Verwechslung der Flächen wohl nicht stattfinden kann, in den beiden ersteren Fällen ist aber der Unterschied so gering, dass an Krystallen, welche nicht durch eine optische Prüfung orientirt sind, eine Unsicherheit eintreten kann.

*b)* Zonen um 120° oder 180° verschieden:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\eta = \bar{4}.4.17$ | ber. | 47° | 10' | beob. | 0' | und | 4.4.17 | ber. | 46° | 50' | beob. — |
| $\ddot{u} = \bar{7}.7.25$ | | 52 | 4 | | 8 | | $u = 227$ | | 52 | 17 | — |
| $n = \bar{2}25$ | | 61 | 28 | | 31 | | $d = 225$ | | 60 | 61 | 55' |
| $\mu = \bar{1}12$ | | 66 | 32 | | 20 | | $m = 112$ | | 66 | 3 | 3 |

Der Unterschied ist wiederum in den letzteren Fällen, welche grössere Winkel darbieten, ein bedeutender, in den ersteren ein geringerer, so dass nur an genau orientirten Krystallen völlige Sicherheit zu erlangen ist.

Demnach könnte man die von mir angegebene Fläche $\ddot{u}$ für unsicher halten, da sie ungefähr dieselbe Neigung wie $u$ hat, jedoch auf complicirte Indices führt. Diese Fläche ist jedoch an zwei Krystallen von Pfitsch, die sicher orientirt waren, als breite Fläche gefunden worden. Die höheren Indices machen dieselbe nicht verdächtig, weil durch die Wahl anderer Axen kleinere Zahlen erhalten werden könnten.

Die Ähnlichkeit der Winkel in den um 60° oder um ein Vielfaches von 60° verschiedenen Zonen erklärt die Erscheinung, dass Krystalle, die aus vielen Zwillingslamellen aufgebaut erscheinen, oft ein vollkommen hexagonales Aussehen darbieten, und von Flächen begrenzt sind, welche bei der goniometrischen Untersuchung stets mehrere nahe aneinander liegende Reflexe liefern.

Am Klinochlor kommen aber auch Flächen vor, welche ähnliche oder fast gleiche Neigung zu $c$ besitzen und in Zonen liegen, die nur um 30° von einander abweichen. Es sind folgende:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $y = \bar{2}05$ | ber. | 57° | 22' | beob. | — | und | $l = \bar{7}.7.20$ | ber. | 58° | 6' | beob. 0' |
| $s = \bar{1}34$ | | 63 | 15 | | — | | $\nu = \bar{3}.3.7$ | | 63 | 6 | 18 |
| $w = 267$ | | 65 | 56 | | — | | $m = 112$ | | 66 | 3 | 3 |
| $\tau = 053$ | | 75 | 14 | | 21 | | $v = 132$ | | 75 | 37 | — |

Diese Fälle von Winkelähnlichkeit zeigen so wie die vorigen, dass manche Flächen leicht verwechselt werden können, und

dass die Orientirung eines Krystalls durch blosse Winkelmessungen bisweilen misslingen wird, namentlich wenn unvollständig ausgebildete Krystalle vorliegen. Um sicher zu gehen, wird man die Messung stets durch optische Prüfung und Beobachtung der Schlagfigur controliren müssen.

Kokscharow hat Abbildungen der von ihm an dem Klinochlor von Achmatowsk beobachteten Combinationen veröffentlicht.[1] Ich gebe in Fig. 1 und 2 auf Tafel I eine Darstellung zweier von mir am selben Klinochlor beobachteten Combinationen, in Fig. 3 das Bild einer am Klinochlor von Pfitsch wahrgenommenen Combination. Die Fig. 1—3 sind so wie die von Kokscharow gelieferten idealisirte Darstellungen, welche die Flächen in der den monoklinen Krystallen zukommenden Wiederholung angeben.

Die Vertheilung der Flächen ist aber sehr häufig eine solche, welche den Forderungen der Symmetrie des monoklinen Systemes nicht entspricht. Bei der ersten Beschreibung der Krystalle von Achmatowsk erwähnt schon Kokscharow,[2] „dass die Krystalle eine Menge höchst unsymmetrisch vertheilter Flächen darbieten“, und ein Gleiches gilt für die übrigen Krystalle dieses Typus. Meistens werden auf der einen Seite der angenommenen Symmetrieebene Flächen beobachtet, welche auf der anderen sich nicht wiederholen und umgekehrt. Ob sich jedoch hier ein trikliner Habitus ergibt, konnte ich bei der geringen Anzahl von messbaren Krystallen nicht entscheiden. Einen genaueren Hinweis gaben die Resultate der Ätzung.

Als Krystalle und Spaltungslamellen von den drei vorher genannten Fundorten durch Flusssäure geätzt wurden, lieferten dieselben zumeist asymmetrische Figuren, deren Umrisse gewöhnlich etwas gerundet sind, wie *a* und *b* in beistehender Figur.

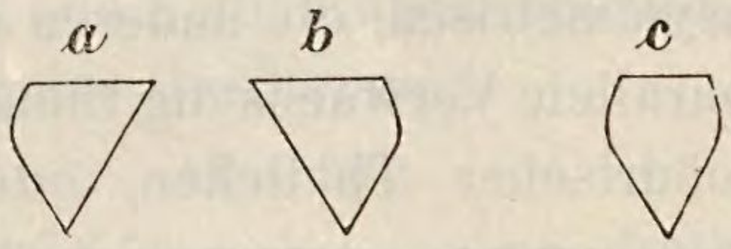


Fig. *a*. Fig. *b*. Fig. *c*.

Eine Seite der Ätzfigur liegt in der Zone [001 : 101], im Übrigen lässt sich nur sagen, dass öfter linke und rechte Ätzfiguren auf derselben Fläche auftreten, meistens aber nur Figuren

---

[1] Materialien zur Mineralogie Russlands. Atlas, Taf. 24, 25.

[2] Verhandl. d. russ. mineralog. Ges. 1851. S. 166.

derselben Art. Die Stellung der Figuren auf der Endfläche *c* und auf ihrer Gegenfläche ist dieselbe wie an triklinen Krystallen, die Lage bezüglich der Ebene der optischen Axen ist in Fig. 4 angegeben. Die Krystalle des Typus Achmatowsk verrathen demnach durch die Ätzfiguren einen inneren Bau, welcher dem triklinen System entspricht. An den später zu beschreibenden Krystallen aus dem Zillerthal, welche dem Pennintypus angehören, lässt sich die Erscheinung etwas weiter verfolgen.

Untergeordnet erzeugen sich auf den Flächen *c* der Krystalle des Typus Achmatowsk auch monosymmetrische Ätzfiguren, welche ebenso spitz endigen, wie die asymmetrischen und von diesen bloss durch eine einzige Modification unterschieden sind, indem sie lanzettförmig aussehen, wie in der vorstehenden Fig. *c*. An den Pfitscher Krystallen wurden derlei Figuren ziemlich häufig erhalten.

Das gleichzeitige Auftreten asymmetrischer und monosymmetrischer Ätzfiguren auf derselben Fläche erinnert an jene Erscheinung, welche ich an den rhomboëdrischen Carbonaten wahrnahm.[1] Auf den Rhomboëderflächen des Magnesits und des Siderits erzeugen sich durch Ätzung sowohl asymmetrische, als auch monosymmetrische Figuren, welche ähnliche Formen darbieten, indem die Begrenzungselemente der ersteren in den zweiten wiederkehren. Ich habe damals bemerkt, dass man entweder eine parallele Verwachsung von Theilchen annehmen könne, von welchen die einen in Bezug auf die Rhomboëderfläche asymmetrisch, die anderen aber monosymmetrisch sind, also eine parallele Verwachsung rhomboëdrischer und rhomboëdrisch-tetartoëdrischer Theilchen, oder aber eine Mimesie, eine innige Mischung von tetartoëdrischen Theilchen in Zwillingsstellung.

Ebenso lässt sich die vorliegende Erscheinung dahin deuten, dass die untersuchten Klinochlorkrystalle parallele Verwachsungen von triklinen und von monoklinen Theilchen darstellen, und es ist auch die andere Auffassung zulässig, nach welcher diese Krystalle für gleichartig und bloss aus triklinen Theilchen zusammengesetzt sind. Wo die monosymmetrischen Ätzfiguren auf-

---

[1] Die Isomorphie der rhomboëdrischen Carbonate und des Natriumsalpeters. In meinen min. und pet. Mittheil. Bd. 4, S. 99.

treten, wären die Theilchen in solchen Stellungen, welche dem Zwilling nach 010 entsprechen, und zugleich in einer innigen Mischung zu denken. Die beiden Stellungen, welche dieses Gesetz erfordert, sind in den Figuren 39 und 40 auf Taf. IV gegeben. Zufolge der innigen Mischung würden an solchen Stellen Ätzfiguren entstehen, welche aus einer Combination der Figuren *a* und *b* hervorgehen, wie dies in der Figur *c* der Fall ist. Ob die Analogie mit den Carbonaten stichhältig ist, werden wohl die Arbeiten des Herrn Prof. Becke über die Letzteren ergeben.

Die Schlagfiguren haben an diesen Krystallen dieselbe Orientirung wie im Glimmer. Ein Schlagstrahl ist 010 parallel, die beiden anderen liegen nach den Zonen [001 : 110] und [001 : 1$\bar{1}$0], wie es die Fig. 4 angibt. Die Druckstrahlen (in Fig. 4 punktirt angegeben) sind senkrecht zu den vorigen.

Die Ebene der optischen Axen ist meistens parallel der Symmetrieebene 010. In diesem Falle ist die Elasticitätsaxe c nicht senkrecht zur Endfläche *c*, sondern dieselbe neigt sich etwas gegen vorne. Sie liegt im spitzen Winkel der optischen Axen. Siehe beistehende Fig. *d*. Ein Spaltblättchen lässt daher beide optische Axen *A* und *B*, jedoch in ungleicher Distanz von der Normalen auf *c* erkennen. Fig. 4. Die Dispersion ist $\rho < \upsilon$.

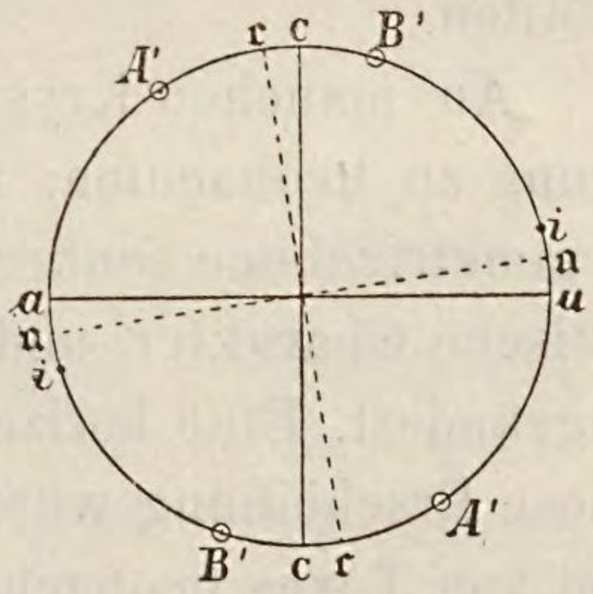



Fig. *d*.

An einem dunkelgrünen Krystall von Achmatowsk bestimmte ich folgende Winkel bei Anwendung der Gasflamme:

$$Ac = 20° \qquad cB = 12° \qquad AB = 32°.$$

Wenn man den von M. Lévy und Lacroix an einem Klinochlor vom Ural erhaltenen Brechungsquotient $\beta = 1{\cdot}588$ hier benutzt,[1] was für eine annähernde Berechnung erlaubt ist, so berechnen sich die wahren Winkel:

$$A'c = 12°30' \qquad cB' = 7°30' \qquad A'B' = 20°$$

und daraus die Abweichungen der ersten Mittellinie von den Normalen zu *a* und *c*

[1] M. Lévy und Lacroix geben für einen Klinochlor vom Ural $\alpha = 1{\cdot}585$, $\beta = 1{\cdot}588$, $\gamma = 1{\cdot}596$. Refractometer, Na-Licht. Les minéraux des roches, p. 169.

$ac = 87°10'$ und $cc = 2°30'$.

Diese Zahlen schwanken in verschiedenen Krystallen. Bei Abnahme des Winkels der optischen Axen rückt die Mittellinie c der Normalen auf *c* näher.

Die Krystalle von Pfitsch, Texas, Ala verhalten sich optisch ungefähr ebenso, wie jene von Achmatowsk. Alle geben, wie schon Descloizeaux und Cooke beobachteten, bisweilen einen grösseren Axenwinkel als den eben angeführten, häufig aber einen kleineren, und manche Krystalle erscheinen fast einaxig, da eine Trennung des Kreuzes kaum bemerklich ist. Der Klinochlor von Achmatowsk wurde daher von Blake für optisch einaxig gehalten. Zuweilen verhalten sich die verschiedenen Stellen des Krystalls ungleich. Ein Krystall von Achmatowsk gab Winkel von 12°, 5°, 1° und zwischenliegende Werthe. Ein Krystall von Texas Winkel von 20° bis 60°, einer von Ala 44° bis 65°. Die Variation des Axenwinkels ist also eine ähnliche wie bei den Biotiten.

An manchen Krystallen ist eine abnorme optische Orientirung zu beobachten, indem die optischen Axen in einer zur Symmetrieebene senkrechten Lage wahrgenommen werden. Der optische Charakter und die Art der Dispersion $\rho < \upsilon$ bleiben ungeändert. Eine horizontale Dispersion ist nicht zu erkennen. Diese Erscheinung wurde auch an je einem Krystall von Pfitsch und von Texas beobachtet, welche die optischen Axen theils in der gewöhnlichen Lage parallel 010, theils in der dazu senkrechten Lage zeigten. Fig. 5 gibt das Verhalten des Pfitscher Krystalls an. In dem grössten Theile desselben herrscht die abnorme Orientirung bei einem Axenwinkel von ungefähr 48°. Die Mittellinie scheint senkrecht auf *c* zu sein. Nur die im Bilde schraffirten Stellen zeigen die gewöhnliche Orientirung mit schiefer Stellung der Mittellinie und einem Axenwinkel von ungefähr 64°. Die letzteren Stellen erscheinen zwischen gekreuzten Nicols fein liniirt in den durch die Schraffirung angegebenen Richtungen. Gleichzeitig tritt in der Mitte des Krystalls eine eigenthümliche Zeichnung auf. Die Auslöschung des abnorm orientirten Theiles ist eine unvollständige, während die normalen Theile vollkommen auslöschen. Fig. 6 stellt das Verhalten des Krystalls von Texas zwischen gekreuzten Nicols dar. Ein Theil

desselben bleibt bei der Drehung dunkel und gibt im convergenten Lichte die optischen Axen, welche einen sehr kleinen Winkel bilden, hier in der einen abnormen, dort in der anderen, der normalen Lage.

Der kleinere Theil des Krystalls zeigt beim Drehen Aufhellung und bietet die Axen, deren Winkel ungefähr 20° misst, gleichfalls in den beiden Stellungen. Gleichzeitig tritt eine grobe Zeichnung hervor, welche auf einen früheren dreiseitigen Umriss des Krystalls hindeutet. An einem anderen Krystall von Texas beobachtete ich optisch einaxige Stellen, welche ungefähr einer Zuwachsschichte entsprachen, ähnlich wie in der durch Fig. 49 dargestellten Platte aus dem Zillerthal.

Der Pleochroismus des Klinochlors hat denselben Charakter wie der des Biotits, indem die Farben für alle Schwingungen parallel zur Endfläche *c* fast dieselben sind, während für Schwingungen senkrecht zu *c* immer eine stark verschiedene Farbe erhalten wird, jedoch ist dieser Dichroismus erst in dickeren Schichten auffallender. Beobachtet wurden:

| | Körperfarbe | S. parallel a | S. parallel c |
|---|---|---|---|
| Achmatowsk ..... | schwarzgrün | dunkelgrün | grünlichgelb |
| „ ..... | schwarzbraun | dunkelbraun | braungelb |
| Texas ..... | dunkelgrün | smaragdgrün | hyacinthroth |
| „ ..... | „ | lauchgrün | gelblichgrün |
| Pfitsch ..... | „ | „ | grünlichgelb |
| Ala ..... | graugrün | olivengrün | „ |

Die meisten Krystalle des Typus Achmatowsk sind Zwillingsbildungen, welche sechsseitige Pyramiden und Tafeln, seltener sechsseitige Prismen darstellen. Das herrschende Zwillingsgesetz ist dasselbe, welches für die Glimmer gilt und dahin lautet, dass eine Ebene, welche in der Zone $cm = [001 : 110]$ liegt und auf *c* senkrecht ist, als Zwillingsebene fungirt.

Für die Glimmer, deren Formen auf ein fast genau rechtwinkliges Axensystem bezogen werden können, gab ich bei der Veröffentlichung meiner Arbeit über die Glimmergruppe die Lage der Zwillingsebene so an, dass dieselbe einer bestimmten Krystallfläche, die als 110 angenommen werden kann, parallel sei, doch gelangte ich später bei Gelegenheit der Publication

bezüglich der Theorie der Zwillingsbildung [1] zu der Einsicht, dass das bei den Glimmern herrschende Gesetz wie oben zu formuliren sei, weil der Parallelismus der $c$-Flächen beider Individuen ein vollkommener ist. Ebenso verhalten sich aber die meisten Zwillingskrystalle des Klinochlors, an welchen keine irgend merkbare Abweichung der Endflächen $c$ beobachtet wird. Die Zwillingsebene muss demnach senkrecht zu $c$ sein. Dieser Ebene kommen beim Klinochlor keine rationalen Indices zu, dagegen entspricht ihre Lage vollkommen dem allgemeinen Zwillingsgesetze. Man kann, weil die verticalen Prismenzonen um genau 60° von einander abweichen, das hier herrschende Gesetz auch so ausdrücken, dass eine zu $001 = c$ und zu $132 = v$ senkrechte Ebene als Zwillingsebene genannt wird.

Die Ausbildungsweise der Krystalle, welche sich durch Beobachtung der optischen Axen und der Schlaglinien, zuweilen auch durch Messung der Krystallwinkel verfolgen lässt, ist eine ungemein mannigfaltige, so dass eine Beschreibung der von mir an mehr denn 100 Krystallen wahrgenommenen Verhältnisse sehr weitläufig werden könnte. Es dürfte aber genügen, jene Regeln anzugeben, welche die Ausbildung der Zwillingskrystalle in den von mir beobachteten Fällen befolgt.

Die Berührung der Individuen erfolgt entweder an der Fläche $c$ und in diesem Falle ist die Berührungsfläche eine Ebene, oder die Berührung erfolgt nicht an $c$ und dann ist die Berührungsfläche meistens eine krumme. Im Übrigen lassen sich vier Arten der Ausbildung unterscheiden.

1. Nebenlagerung zweier Individuen. Diese am leichtesten erkennbare Art der zwillingsartigen Zusammenfügung ist bisweilen wahrzunehmen, doch führt die Vergleichung dieser Zwillinge mit der grossen Mehrzahl ähnlicher, welche die Individuen in drei Stellungen enthalten, zu der Ansicht, dass hier das dritte Individuum zufällig auf ein Minimum der Ausdehnung reducirt sei. Gewöhnlich sind die beiden Theile des Zwillingskrystalls, der als eine Apposition zweier Individuen erscheint, schon Wiederholungszwillinge, die aus vielen in Zwillingsstellung übereinander gelagerten Tafeln bestehen. Die Berührungsfläche fand

[1] Mineralog. u. petrograph. Mittheilungen. Bd. 2, S. 499.

ich immer uneben. Fig. 7 stellt einen hieher gehörigen Zwillingskrystall von Achmatowsk dar. Die an den Einzelkrystallen herrschende unsymmetrische Flächenvertheilung ist hier angegeben. Auf einer Seite der angenommenen Symmetrieebene tritt $\mu = \bar{1}12$, auf der anderen $\nu = \bar{3}37$ auf.

2. Nebenlagerung in drei Stellungen. Diese Art der Ausbildung ist häufig. Die Einzelkrystalle berühren einander meistens in krummen Flächen, zuweilen aber erscheint die Trace der Berührungsfläche auf *c* als eine Gerade, oder aus Geraden zusammengesetzte Linie. Die Stellung jedes Individuums ist bei paralleler Lage der *c*-Flächen von der des anderen um 120° verschieden. Sehr oft sind alle drei Theile eines solchen Krystalls schon Wiederholungszwillinge, aus vielen übereinander geschichteten Blättchen bestehend. Die Fig. 8 gibt die Form eines Drillingskrystalls von Achmatowsk an, jedoch ohne die Flächenvertheilung an den Einzelkrystallen, welche nicht genauer verfolgt werden konnte, zu berücksichtigen. Die Figur ist wie die folgenden in dieser Beziehung schematisch gehalten.

3. Durchwachsung in drei Stellungen. Diese Ausbildung ist gleichfalls häufig, lässt sich jedoch nicht immer genau verfolgen. In den von mir beobachteten Fällen kehren die Einzelkrystalle die Flächen der Zonen *cm* nach Aussen und die Durchwachsung ist in solcher Weise ausgesprochen, dass der Einzelkrystall, welcher am oberen Theile des gesammten Krystalls hinten erscheint, an dem unteren Theile des Krystalls vorne seine Fortsetzung hat u. s. w. Die Fig. 9 stellt die obere und die untere Schichte eines hieher gehörigen Drillingskrystalls von Pfitsch so dar, als ob die mittlere Schichte weggenommen und die untere Schichte in paralleler Stellung nach rechts gerückt wäre.

Kokscharow hat auch solche Drillinge von Achmatowsk abgebildet, welche eine Zusammensetzung aus sechs Sectoren darstellen und an welchen die Flächen des Klinoprisma, und zwar die Flächen $t = (021)$ nach Aussen gekehrt sind. Die Bilder entsprechen den am Witherit beobachteten Drillingen. Auch Cooke hat solche Drillinge von Texas angegeben.[1] An den mir zu Gebote stehenden Klinochlorkrystallen habe ich derlei

[1] Am. Journ., II. Bd., 44, S. 203.

Drillinge mit vollkommen ebenflächiger Begrenzung der Einzelkrystalle nicht beobachtet. Die Krystalle, welche in Folge einer später zu besprechenden Fältelung auf der Endfläche sechs Sectoren darbieten (vergl. Fig. 14), zeigen sich bei der optischen Prüfung anders gebildet. Die Schichte mit der Sectorenzeichnung verhält sich optisch nahezu wie ein einfacher Einzelkrystall, oder sie gehört einer der beschriebenen Zwillingsbildungen an. Die Krystalle, welche die in Fig. 9 dargestellte Durchwachsung darbieten, geben im Orthoskop eine Theilung in sechs Sectoren an, da sich die Theilung der oberen und jene der unteren Schichte gleichzeitig geltend machen. Diese Sectoren geben aber keine Auslöschung und die Lage der Axenebene je nach der Dicke der entsprechenden Schichte in wechselnden Stellungen. Hieraus ist zu erkennen, dass die Zwillingsbildungen des Klinochlors nur durch die optische Untersuchung mehrerer Schichten des Krystalls erkannt werden können.

4. Überlagerung in zwei oder drei Stellungen. Die Einzelkrystalle sind in denselben um je 120° verschiedenen Stellungen wie in den vorigen Fällen, jedoch berühren sie sich an den Endflächen *c*. Diese Art der Verwachsung ist die gewöhnliche, da sie auch bei den früher beschriebenen Zwillingsbildungen sehr oft gleichzeitig eintritt. Meistens zeigen sich vielfache Wiederholungen der Überlagerung in zwei Stellungen oder in allen dreien, daher so viele auch dünne Krystallblättchen eine unvollkommene Auslöschung und gestörte Axenbilder zeigen. Fig. 10 gibt eine einfache Zwillingsbildung an, die an Krystallen von Achmatowsk beobachtet wurde. Diese Krystalle sind durch einspringende Winkel und scharfe Ecken an den Stellen, wo die Flächen *i* oder *g* des einen Individuums auf der Fläche *c* des anderen absetzen, auffallend. Eine andere Bildung, die an einem Krystall von Texas beobachtet wurde, ist in Fig. 11 dargestellt. Die Einzelkrystalle sind hier von ungleicher Grösse. Man kann auch bei diesen Überlagerungszwillingen ebenso wie beim Glimmer zwischen rechten und linken Zwillingen unterscheiden. Demnach wäre der Zwilling in Fig. 10 ein linker, der in Fig. 11 ein rechter Zwilling. Um den gewöhnlichen Fall, der sich meistens nur optisch verfolgen lässt, anzudeuten, ist in Fig. 12 ein Krystall von Pfitsch dargestellt, welcher die drei Stellungen der Individuen auch äusser-

lich erkennen liess. Die oberste Schichte bildet ein Individuum mit der Fläche $u = 227$ und $\delta = 059$. Die zweite in Zwillingsstellung zur vorigen befindliche Schichte zeigt die Flächen $u = 227$, $\nu = \bar{3}37$ und $\beta = 0.11.24$. Die dritte zur vorigen in Zwillingsstellung befindliche Schichte trägt die Flächen $u = 227$, $\eta = \bar{4}.4.17$ und $t = 043$. Im Bilde rechts erscheint zwischen $u$ und $\eta$ ein einspringender Winkel. Der untere Theil des Krystalls konnte nicht entziffert werden.

Bei der optischen Untersuchung der zusammengesetzten Krystalle findet man einen bunten Wechsel aller der zuvor angegebenen Verhältnisse bezüglich der Lagerung und Abgrenzung der Individuen. Die optischen Axen erscheinen hier nicht bloss in den durch das Zwillingsgesetz geforderten drei Stellungen, sondern sie finden sich in den Feldern von undeutlicher Auslöschung, zuweilen auch in anderen wechselnden Lagen. Öfter wurde in solchen Feldern die Ebene der optischen Axen um 20—22° von derjenigen parallel $b$ abweichend gefunden. Die an einfachen Krystallen zuweilen beobachtete abnorme Orientirung senkrecht gegen $b$ wurde auch in Zwillingskrystallen von Pfitsch untergeordnet angetroffen. Der Winkel der optischen Axen variirt in den Zwillingen ungemein und wird oft Null. Wo die Einzelkrystalle zusammenstossen, treten häufig einaxige Stellen auf.

Diese sind auch oft als Streifen, welche dem Umrisse des Krystalls parallel erscheinen, entwickelt.

Die Schichten, in welche die Zwillingskrystalle durch Spaltung zerlegt werden können, zeigen sehr häufig einen verschiedenen Bau. Ein einfaches Beispiel dafür wurde schon früher angeführt und durch Fig. 9 erläutert. Meistens ergibt sich aber eine grössere Mannigfaltigkeit der Verwachsung und gar oft ein so verwickelter Bau, dass derselbe sich nicht mit Worten schildern lässt. Aus den vielen von mir entworfenen Bildern wähle ich ein einfacheres aus, zu welchem ein Zwillingskrystall von Pfitsch die Vorlage lieferte. In Fig. 13 sind Zeichnungen zusammengestellt, welche das optische Verhalten von fünf aufeinander folgenden Schichten dieses Krystalls zur Anschauung bringen sollen. Die zarten Linien geben die im Orthoskop erhaltenen Abgrenzungen an, die dunkel gehaltenen Theile sind jene, welche im Orthoskop in allen Stellungen des Blättchens dunkel bleiben und bei der

konoskopischen Prüfung einaxig erscheinen oder einen sehr kleinen Axenwinkel zeigen.

## Klinochlor von Ala.

Die complicirtesten Verwachsungen zeigt der Klinochlor von Ala.[1] Derselbe bildet selten sechsseitige Tafeln, öfter aber fassförmige Gestalten und noch häufiger langgestreckte sechsseitige, auch zwölfseitige Prismen. Sehr oft werden dünne, wurmförmig gekrümmte Säulchen angetroffen. Dieser Klinochlor ist, wie bekannt, gewöhnlich mit schönen Krystallen von Diopsid und von rothem Granat vereinigt. Einfache Krystalle fand ich niemals, doch erschienen einige der tafelförmigen Klinochlorkrystalle dieses Fundortes zum grossen Theil aus einem einzigen Individuum gebildet. Sie zeigten die gewöhnliche optische Orientirung der Axenebene nämlich jene parallel 010 und liessen auf der Oberfläche eine sehr feine Fältelung senkrecht zu den Kanten *cm* und *cb* erkennen. Fig. 14. In Platten, welche aus den fassförmigen Gebilden erhalten wurden, bemerkte ich stets einen Kern von anderer Form als jene der äusseren Begrenzung. Fig. 15. Die ursprünglichen Krystalle waren von Flächen der Zonen 001 : 130 uud 001 : $\bar{1}$01 begrenzt, entsprechend dem später zu beschreibenden Typus Zillerthal. Die Hülle dagegen ist dem Typus Achmatowsk entsprechend geformt und zeigt auch die zuvor genannte Fältelung. Kern und Hülle zeigen eine erhebliche Divergenz der optischen Axen bis etwa 32°, die Ebene derselben ist im Kern wie gewöhnlich, in der Hülle vorwiegend ebenso orientirt, stellenweise wird aber auch die abnorme Orientirung senkrecht zu 010 angetroffen. Der Kern ist weniger verwickelt, die Hülle aber schon sehr complicirt gebaut. Der Kern ist ziemlich trübe und macht den Eindruck erlittener Umwandlung. Öfter finden sich darin kleine Höhlungen, in welche kleine sechsseitige durchsichtige Täfelchen in paralleler Stellung hineinragen. Die letzteren haben Umrisse, welche dem Typus Achmatowsk entsprechen. Die Krystalle scheinen demnach beim Fortwachsen in einer veränderten Lösung etwas angegriffen worden zu sein,

---

[1] Über das Vorkommen s. Strüver: Die Minerallagerstätten des Alathales in Piemont. Jahrb. f. Min. 1871, S. 337.

während sie durch Ansatz neuer Schichten die Form eines anderen Typus ausbildeten. Die meisten Täfelchen, welche durch Spaltung aus diesem Klinochlor erhalten werden, zeigen im Orthoskop eine mosaikartige Zusammensetzung. Sie erscheinen wie aus unzähligen winzigen Flecken, Bändern und Zwickeln gefügt und geflochten, welche sich geradlinig, krummlinig, säge- oder kammförmig abgrenzen und ein buntes Gewirre mannigfaltiger Formelemente darbieten. Ist das Plättchen so dick, dass Polarisationsfarben auftreten, so ist nirgends eine vollständige Auslöschung wahrzunehmen.

In einigen Täfelchen, welche aus zwölfseitigen Säulchen genommen waren, beobachtete ich die schon von Mallard[1] hervorgehobene Sectorenbildung, indem hier drei Krystalle nach dem Glimmergesetze durchwachsen erscheinen. Fig. 16. Die optische Orientirung war hier die ungewöhnliche, indem die Ebene der optischen Axen senkrecht zu einer Schlaglinie gelegen ist. Diese Sectorenbildung entspricht der von Kokscharow und von Cooke für andere Vorkommen angegebenen, jedoch sind nach meiner Beobachtung die Berührungsflächen der Einzelkrystalle ganz uneben, während sie in den von letzteren Autoren gegebenen Bildern geradlinig verlaufen.

An den complicirten Zwillingsbildungen von Achmatowsk und von Ala beobachtete ich öfter Anzeichen einer Zwillingsbildung nach dem Gesetze: Zwillingsebene die in der Zone 001 : 130 liegende auf 001 senkrechte Fläche, einem Gesetze, welches Grailich beim Zinnwaldit angenommen hatte, ohne einen Beleg dafür geben zu können.[2] Die Zwillingsgesetze, welche ich vorher für den Klinochlor als bestimmt nachgewiesen angab, sind das Glimmergesetz und das Penningesetz. Denkt man sich nun (Fig. *e*) ein Krystallblättchen mit einem zweiten nach dem Glimmergesetze, dieses mit einem dritten nach dem Penningesetze verbunden, so kommt das erste

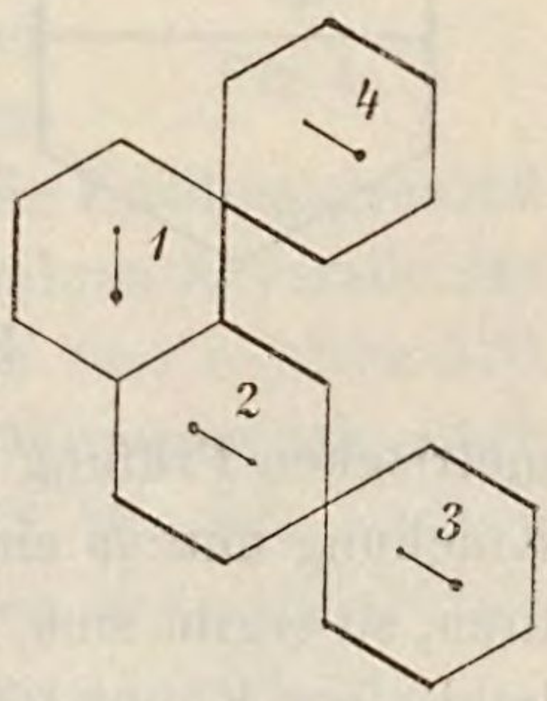


Fig. *e*.

---

[1] Explication des phénomènes optiques anomaux, p. 98.

[2] S. Scharitzer in d. Zeitschr. f. Kryst., Bd. 12, S. 2.

zu dem dritten in eine Stellung (2 und 4), welche durch das hier zuerst angegebene Gesetz ausgedrückt wird. Es ist also wahrscheinlich, dass die Anzeichen der genannten Zwillingsbildung von einem Zusammenwirken dieser beiden Gesetze herrühren.

Von Zwillingsbildungen, welche dem Penningesetze und dem hier angedeuteten Gesetze nahekommen, wird sogleich die Rede sein.

Knickung und Fältelung der Endfläche. An manchen Krystallen von Achmatowsk und von Pfitsch beobachtet man eine schwache oder auch eine sehr deutliche Knickung der Endfläche *c*, welche einspringende oder ausspringende Winkel veräth. Dieselbe verläuft immer nach einer geraden Linie, die zu einem Seitenpaar der sechsseitigen Endfläche senkrecht ist. Fig. *f*. Die Knickung ist selten eine einfache, gewöhnlich aber eine zusammengesetzte, indem sie aus mehreren knapp aufeinanderfolgenden Knickungen besteht, was aber erst bei der gonio-

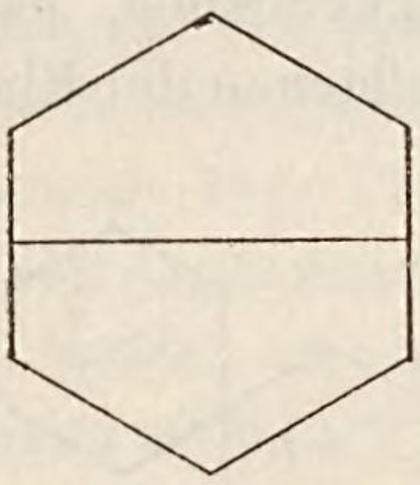
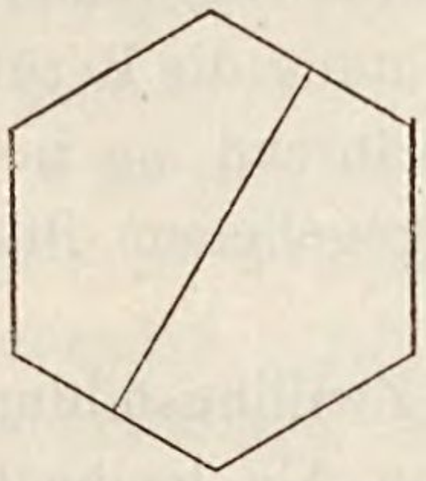


Fig. *f*.



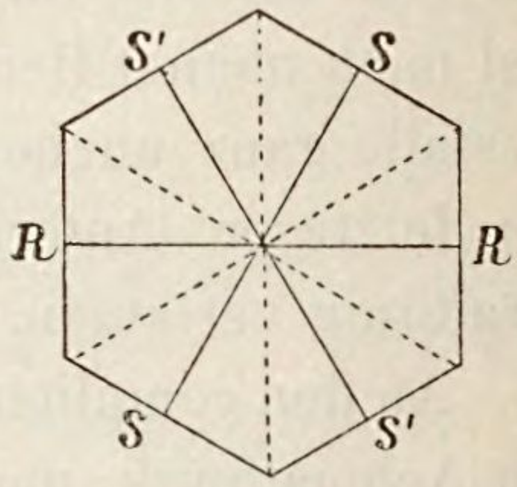



Fig. *g*.

metrischen Prüfung erkannt wird. Sucht man die Richtung der Knickung mittels eines Axenbildes krystallographisch zu orientiren, so ergibt sich, dass die Richtung bald der Kante 001 : 100, bald einer Kante 100 : 130 parallel ist. Manche Krystalle zeigen eine dreifache Knickung mit radialer Anordnung, nämlich nach den Richtungen *R*, *S* und *S'* in Fig. *g*. Jede dieser Knickungen ist in den meisten Fällen eine zusammengesetzte. Betrachtet man jene Seite des Krystalls, auf welcher diese drei Knickungen einspringende sind, so bemerkt man zwischen diesen ausspringende Knickungen, deren Richtung bisweilen den Winkel der vorigen einspringenden halbirt, welche aber weniger deutlich sind als die vorigen. (In Fig. *g* punktirt.) Auf der anderen Seite desselben Krystalls ist alles umgekehrt. Hier sind die Knickungen der

ersten Art ausspringend, jene der zweiten Art einspringend. Viele Krystalle von Achmatowsk, Pfitsch und die meisten von Ala zeigen eine wiederholte Knickung nach den Richtungen *R*, *S* und *S'*. Hier folgen parallel jeder der drei Richtungen mehrere Knickungen nach einander, die oft auf derselben Seite des Krystalls einspringend und ausspringend sind. Die Endfläche ist in solchem Falle gefältelt, wie dies schon früher für die Krystalle von Ala angegeben wurde.

Diese Knickungen sind keine durch Druck entstandenen Falten, wie solche Bauer am Glimmer beschrieben und Treppenfalten genannt hat,[1] denn sie finden sich an frei gebildeten Krystallen, welche zu Drusen vereinigt sind. Sie entsprechen vielmehr den öfter beschriebenen, am Zinnwaldit und Muscovit beobachteten Fältchen, welche Bauer als „Verdickungswellen" bezeichnete, und bezüglich deren er eine Entstehung „durch innere Pressung" vermuthete.

Auf den Endflächen, welche die Fältelung zeigen, treffen die Knickungslinien der ersten Art unter 60° zusammen und es ergeben sich in den Zwischenrichtungen (Fig. *h*) Linien, die einer sogenannten Zwillingsnaht ähnlich sind und von mehreren Beobachtern auch dafür gehalten wurden. Kokscharow glaubte hier die Zwillingsgrenzen gefunden zu haben, an welchen sich die einzelnen Krystalle des Drillings berühren, und weil hier Knickungen (der zweiten Art) wahrgenommen werden, so kam er auf ein Zwillingsgesetz, nach welchem die Zwillingsebene nicht senkrecht zu *c* ist, sondern von dieser Lage etwas abweicht.[2] Die von ihm vermuthete Zwillingsebene wäre nach meiner Bezeichnung parallel 110.

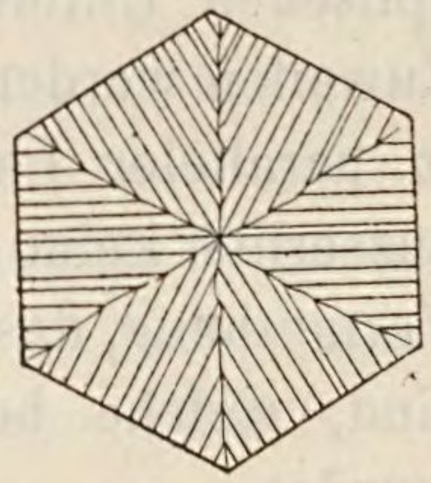


Fig. *h*.

Ich bemerke jedoch schon hier, dass nach meinen optischen Beobachtungen jenen Linien, die für Zwillingsnähte gehalten wurden, welche aber oft krumm verlaufen, keine Zwillingsgrenze entspricht, oder nur bisweilen ein zufälliges und streckenweise bemerkbares Zusammentreffen mit einer Zwillingsgrenze stattfindet und dass hier, wofern die Fältelung das Primäre ist, jene

---

[1] Zeitsch. d. deutsch. geol. Ges., Bd. 26, S. 166.

[2] Materialien z. M. R., Bd. II. S. 26.

Linien als eine secundäre und unwesentliche Erscheinung zu betrachten sind.

Die einfache, die dreifache Knickung und die Fältelung werden immer nur an solchen Krystallen beobachtet, welche jenen complicirten Zwillingsbau darbieten, der früher beschrieben wurde. Die Knickungen gehen häufig durch den ganzen Krystall hindurch und lassen sich auch auf den Seitenflächen der Krystalle verfolgen; manche Knickungen aber sind mehr oberflächliche, sie dringen nicht tief ein. In Bezug auf das Wachsen des Krystalls besagt letzteres, dass manche Knickung sich erst dann bildete, als der Krystall schon eine bestimmte Grösse erreicht hatte. Werden die Knickungen im durchfallenden Lichte beobachtet, so zeigen sich denselben entsprechend im Innern ungemein feine gerade Linien, welche sich bei der optischen Untersuchung öfter als Zwillingsgrenzen erweisen. Zuweilen werden solche scharfe Linien im Innern des Krystalls in paralleler Lage zu den vorigen wahrgenommen dort, wo äusserlich keine Knickung bemerkbar ist. Hieraus ergibt sich die Vermuthung, dass im Innern der Krystalle Knickungen vorhanden sind, welche bei der Vergrösserung des Krystalls gedeckt wurden.

Die goniometrische Untersuchung der Knickungen und Falten begegnet grossen Schwierigkeiten. Die Flächenelemente sind oft ausserordentlich schmal, so dass sie kein deutliches Reflexbild geben, demzufolge viele Flächenelemente übersehen werden. Ist das Bild des Signales deutlich, so spiegeln öfter mehrere Flächenstreifen zugleich, deren Orte nicht alle ermittelt werden können. An den gefältelten Flächen ist die Vertheilung der einzelnen reflectirenden Flächenelemente schwer zu bestimmen. Manche Falten sind gekrümmt, so dass nur der Anfang und das Ende der Reihe der Bilder bestimmbar erscheinen. Das genaue Centriren der zu messenden Kanten ist meistens nicht ausführbar. Die erhaltenen Resultate sind dem Gesagten zufolge mit manchen Unvollkommenheiten behaftet. Immerhin zeigte sich in den Zahlen bald eine Gesetzmässigkeit, welche in folgenden Beispielen ersichtlich wird. Ich gebe hier die Profile einiger der geknickten und der gefältelten Flächen, soweit dieselben aus den Reflexen am Goniometer erkannt werden konnten. Die Flächenelemente

sind so bezeichnet, dass die alphabetische Folge zugleich die Aufeinanderfolge der Reflexionen am Goniometer angibt. In derselben Folge sind die erhaltenen Winkel angeführt. Die ersteren vier Figuren beziehen sich auf Knickungen, die anderen auf gefältelte Flächen.

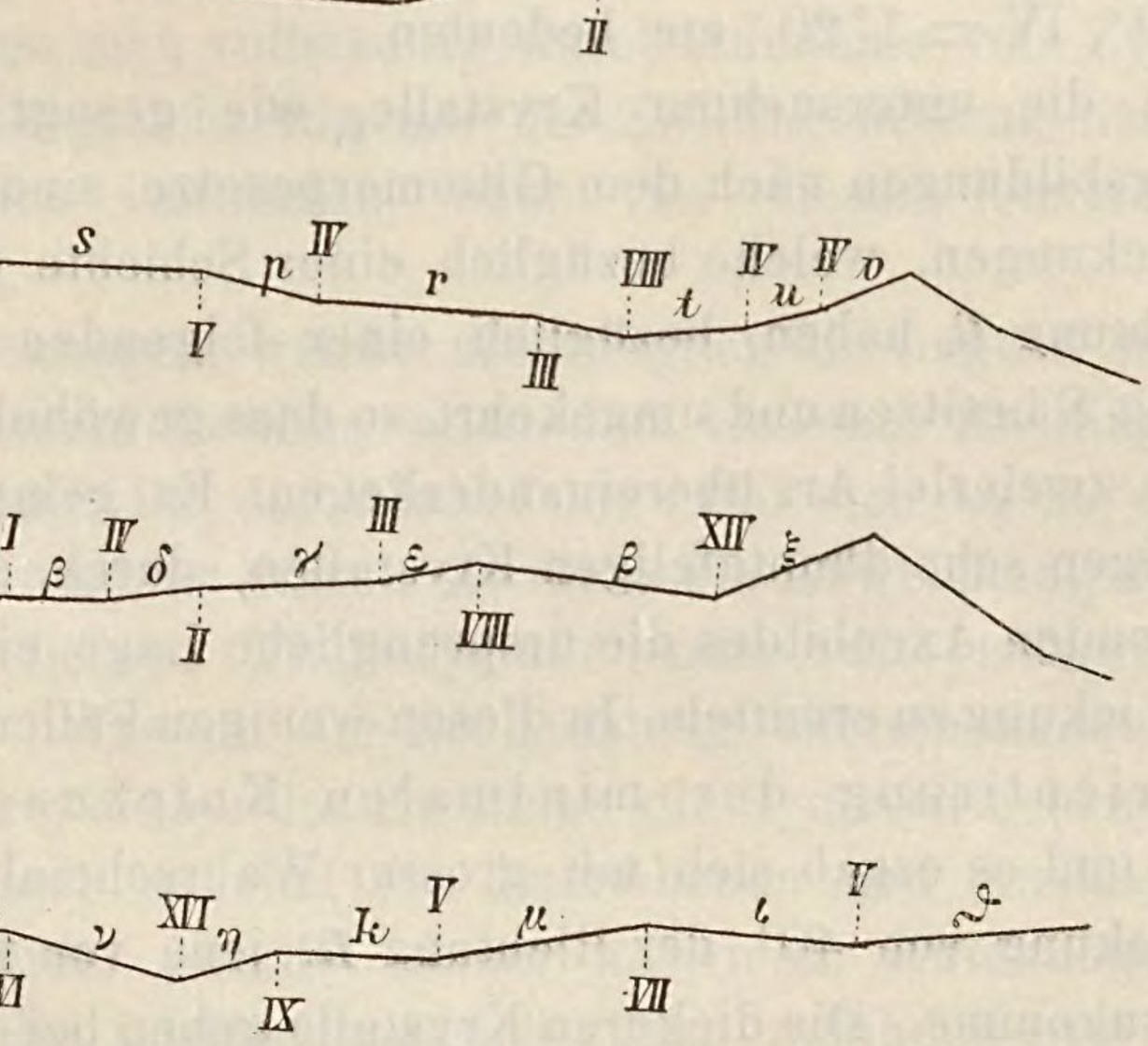



Fig. *i*.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a : b =$ | 41' | $h : i =$ | 41' |
| $b : c =$ | 40' | $i : k =$ | 39' |
| $d : e =$ | 20' | $l : m =$ | 38' |
| $e : f =$ | 42' | $m : n =$ | 1°42' |
| $f : g =$ | 1°19' | $n : o =$ | 41' |

$p : q = 23'$
$q : r = 1° 1'$
$r : s = 21'$
$s : t = 1°20'$
$t : u = 1°18'$
$u : v = 1°23'$

$\eta : \vartheta = 40'$
$\vartheta : \iota = 1°39'$
$\iota : \varkappa = 40'$
$\varkappa : \lambda = 18'$
$\lambda : \mu = 1'22'$
$\mu : \nu = 39'$

$\alpha : \beta = 20'$
$\beta : \gamma = 38'$
$\gamma : \delta = 41'$
$\delta : \varepsilon = 1°19'$
$\varepsilon : \zeta = 2° 4'$

Die hier angeführten und alle anderen erhaltenen Zahlen lassen erkennen, dass die geringste Abweichung zweier Flächenelemente ungefähr 20′ betrage, dass ferner die Abweichung von 40′ oft wiederkehre, endlich dass die übrigen Resultate als Vielfache von 20′ oder 40′ anzusehen sind. An den Profilen wurden, um die Übersicht zu erleichtern, den aus- und einspringenden Winkeln römische Ziffern beigesetzt, welche angeben, wie vielmal 20′ der Winkel betrage, daher I = 20′, II = 40′, IV = 1°20′ etc. bedeuten.

Da die untersuchten Krystalle, wie gesagt, complicirte Zwillingsbildungen nach dem Glimmergesetze sind, so werden die Knickungen, welche bezüglich einer Schichte des Krystalls die Richtung *R* haben, bezüglich einer folgenden Schichte die Richtung *S* besitzen und umgekehrt, so dass gewöhnlich Knickungen von zweierlei Art übereinanderliegen. Es gelang daher nur an wenigen sehr dünntafeligen Krystallen, durch die Lage des herrschenden Axenbildes die ursprüngliche Lage einer beobachteten Knickung zu ermitteln. In diesen wenigen Fällen konnte aber eine Orientirung der minimalen Knickungen erkannt werden und es ergab sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Knickung von 40′ der Richtung *R*, jene von 20′ der Richtung *S* zukomme. Die dickeren Krystalle geben bei der optischen Prüfung ein mosaikartiges Bild, welches mit den Knickungen und Fältelungen in keine Beziehung zu bringen ist. Daher mussten aus den Krystallen Dünnschliffe parallel *c* angefertigt werden, um beobachten zu können, wie sich das Bild in dünnen Schichten vereinfacht. Bei der Prüfung zwischen gekreuzten Nicols zeigten sich dann öfter an jenen Linien, welche die

Flächenelemente von verschiedener Neigung scheiden, Helligkeitsunterschiede, jedoch konnten nur selten die Auslöschungsrichtungen der aneinderstossenden Streifen bestimmt werden. In diesen Fällen ergab sich eine zu jener Linie symmetrische Lage der Auslöschungsrichtungen und deren Divergenz zu ungefähr 60°, was einer Zwillingsbildung, und zwar, wie sich weiter zeigen wird, einer solchen nach 130 entspricht. Dass eine solche Messung nur selten ausgeführt werden konnte, rührt daher, dass nur in einer einzelnen Schichte des Krystalls die zu einer beobachteten Linie symmetrische Lage der aneinanderstossenden Streifen stattfindet, während oberhalb und unterhalb die Schichten anders orientirt sind. Nur wenn der Schliff jene erstere Schichte ungefähr isolirt, was nur zufällig eintritt, kann die Erscheinung wahrgenommen werden.

An vielen jener Linien aber zeigen sich keine Helligkeitsunterschiede und kein Unterschied der Auslöschungsrichtungen.

Die aufgezählten Beobachtungen an den Knickungen und Falten erklären sich vollständig durch Annahme von Zwillingsbildungen, die gleichzeitig mit der Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze stattfinden, aber von dieser letzteren verschieden sind.

Die Knickungen, welche ursprünglich die Lage *R* besitzen, entsprechen einem Zwilling nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche 100. Da der Winkel 001 : 100 sich zu 89°40' berechnet, so beträgt an diesem Zwilling die Abweichung der Endflächen der beiden Theilkrystalle oder die entsprechende Knickung 40', was mit der Beobachtung übereinstimmt. Da in beiden Theilkrystallen des Zwillings die Symmetrieebene *b* dieselbe Lage hat, so sind die Axenebenen und Auslöschungsrichtungen beider parallel, daher an vielen Knickungen kein Unterschied der Auslöschungsrichtungen gefunden wurde. Die Knickungen, welche ursprünglich die Richtung *S* haben, entsprechen einem Zwilling nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche 130. Der Winkel 001 : 130 berechnet sich zu 89°50', die Abweichung der Endflächen an dieser Knickung zu 20', was gleichfalls mit der Beobachtung harmonirt, ferner folgt aus dem Zwillingsgesetze jene symmetrische Lage der Auslöschungsrich-

tungen, welche sich aus der vorher angeführten Beobachtung ergibt. Die Linien oder Grenzebenen, an welchen Helligkeitsunterschiede der zusammenstossenden Krystallblättchen wahrgenommen wurden, gehören demnach zu dieser zweiten Art von Knickungen.

Diese Erklärung bezieht sich aber nur auf die minimalen Knickungen von 40' und 20', welche öfter beobachtet werden. Beim Alleinherrschen der Zwillingsbildung nach 100 und nach 130 würden sich nur diese minimalen Knickungen und durch Wiederholung der Zwillingsbildung abwechselnde ein- und ausspringende Winkel von jenem Betrag ergeben. Durch das Zu-

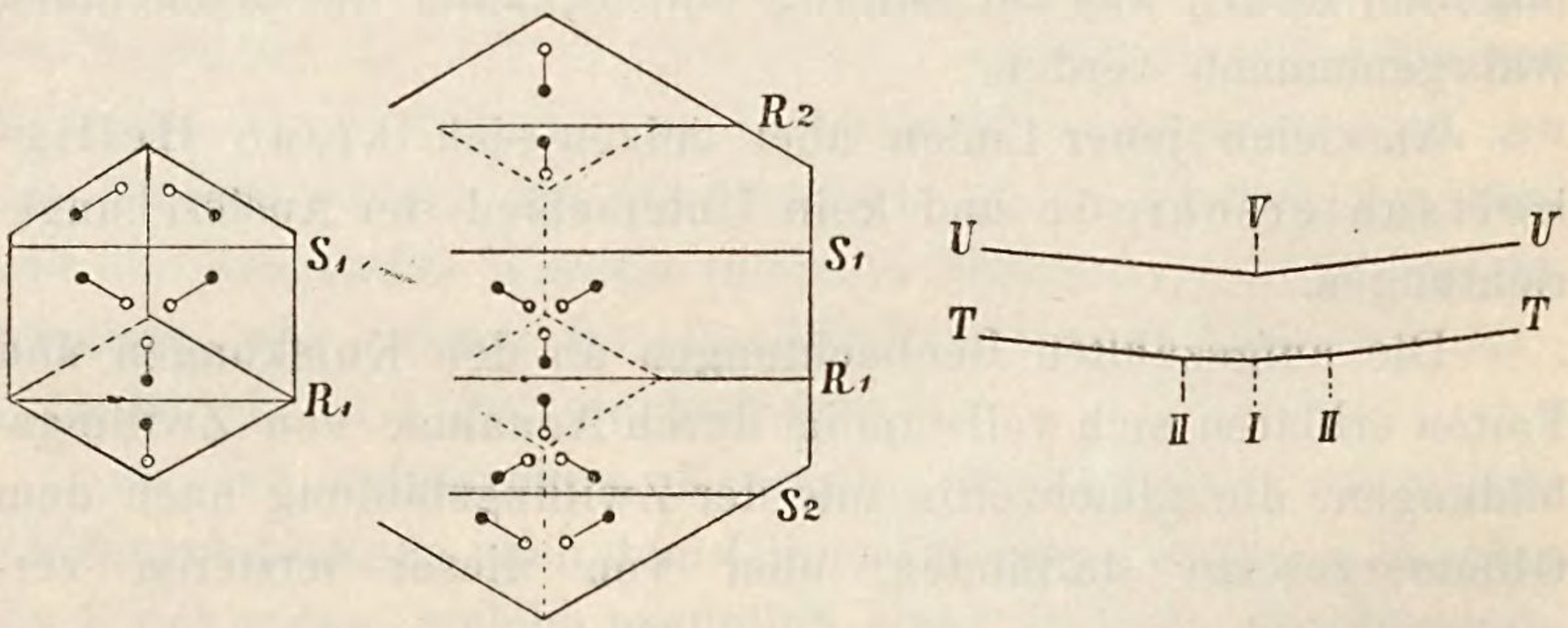



Fig. *k*. Fig. *l*. Fig. *m*.

sammenwirken mit den Bildungen nach dem Glimmergesetze entstehen aber viel stärkere Abweichungen.

Denkt man sich einen sehr kleinen Klinochlorkrystall in seiner ersten Anlage aus drei nebeneinanderliegenden Individuen gemäss dem Glimmergesetze gebildet (Fig. *k*), und nachdem derselbe eine bestimmte Grösse erreicht hat, die Zwillingsbildung einerseits nach 100, anderseits nach 130 eingetreten, so wird auf der einen, in der Figur dargestellten Seite bei $R_1$ ein einspringender Winkel von 40′ und bei $S_1$ ein ebenfalls einspringender Winkel von 20' vorhanden sein. Dies gibt eine zweimalige Knickung im selben Sinne, eine zusammengesetzte Knickung. Bei der angenommenen Kleinheit des Krystalls zur Zeit der neuen Zwillingsbildung folgen die beiden Knickungen knapp nacheinander. Die totale Knickung beträgt $1° = III$.

Wenn ein solcher Krystall sich vergrössert und gleichzeitig die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze fortschreitet, so können sich, wie dies Fig. *l* angibt, später bei $R_2$ und $S_2$ wiederum Knickungen, und zwar im selben Sinne wie vorher bilden. Die Abweichung der Endflächen der äussersten Theilkrystalle beträgt hier $40' + 20' + 40' + 20' = 2° =$ VI. Da sich also Knickungen von paralleler Richtung im gleichen Sinne wiederholen können, und ein mannigfacher Wechsel der Knickungen *R* und *S* und auch ein Wechsel von ein- und ausspringenden Winkeln stattfinden kann, so ist damit die Möglichkeit zusammengesetzter Knickungen, deren Gesammtbetrag ein Multiplum von 20′ ist, in ein und derselben Schichte des Krystalls dargethan.

Beim Fortwachsen des Krystalls werden öfter vorhandene Knickungen bedeckt und auch neue Knickungen gebildet werden. Über eine Fläche *T* in Fig. *m*, welche die zusammengesetzte Knickung II, I, II darbietet, kann es zur Bildung einer Schichte *U* kommen, welche die schmalen Knickungen überwächst und an welcher nur die totale Knickung von $1°40' =$ V beobachtet wird. Dieses Beispiel zeigt, dass an der Oberfläche des Krystalls Knickungen vorkommen können, welche weder 40′ noch 20′ betragen, jedoch ein Multiplum von 20′ ausmachen. Ausserdem ist ersichtlich, dass Zwillingsgrenzen vorkommen können, die einer tieferen Schichte des Krystalls angehören, und nicht unter einer Knickung der Oberfläche liegen, dass also Zwillingsgrenzen bedeckt erscheinen können. Beides stimmt mit der Beobachtung vollständig überein.

Wenn die geknickte Fläche *T* mit der zusammengesetzten Knickung II, I, II beim Fortwachsen des Krystalls von neuen Schichten *U* bedeckt wird, so können in dieser neue Knickungen eintreten, und wenn dies im entgegengesetzten Sinne, z. B. mit dem Betrage II auf der einen und mit dem Betrage II, I auf der anderen Abdachung stattfindet, wie Fig. *n* zeigt, so wirken alle Knickungen so zusammen, dass hier die ziemlich steile Falte von $3°20' =$ X entsteht.




Fig. *n*.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass alle die beobachteten Knickungen und Falten sich auf die Grunderscheinung

zurückführen lassen, und es bedarf keiner besonderen Ausführung, um auch die Fältelungen, also den Wechsel von verschiedenen aus- und einspringenden Winkeln, die alle Multipla von 20′ sind, als specielle Fälle der betrachteten Zwillingsbildung abzuleiten.

Krümmung der Säulchen. Die gekrümmten Krystalle, die wurmförmig, schraubenartig und überhaupt mannigfach gewundenen Säulchen, welche an dem Klinochlor von Ala so häufig vorkommen, alle jene Gestaltungen, welche Volger mit dem Namen Helminth belegte, und welche für den Prochlorit charakteristisch sind, bieten eine Erscheinung dar, welche, so unregelmässig dieselbe auf den ersten Blick sich darstellen mag, doch von einer gesetzmässigen Bildung ableitbar ist.

Wenn man die Säulchen streckenweise prüft, so erscheint die Krümmung bald als eine einfache, und die Krümmungsebene geht entweder durch die Diagonale der sechsseitigen Endflächen, oder ist ungefähr senkrecht zu einem Seitenpaar, bald ist die Krümmung eine doppelte und die Säulchen erscheinen gewunden. Alle die gekrümmten Säulchen erweisen sich bei der optischen Untersuchung als complicirte Zwillingsbildungen der früher genannten Art.

Die angeführten Formen sind nach meinem Dafürhalten bloss eine andere Ausbildung derselben mehrfachen Zwillinge, welche vorher beschrieben wurden. Während in den geknickten und gefältelten Krystallen die Berührungszwillinge nach 100 und 130 vorherrschen, sind es Überlagerungszwillinge derselben Art, welche die gekrümmten Säulen aufbauen. An tafelförmigen Krystallen sieht man zuweilen die Anfänge der Bildung, nämlich Ansätze, deren Endflächen von der Endfläche des ursprünglichen Krystalls nur wenig abweichen, und welche mit dieser Letzteren in Schnittlinien zusammentreffen, die einer Richtung *R* oder *S* parallel sind. Fig. *o*. Wenn diese Ansätze stärker entwickelt sind, so erscheinen sie keilförmig und tragen aussen gekrümmte Scheinflächen. Es ist der Anfang einer gekrümmten Säule, deren Krümmungsebene in der Diagonale liegt. Öfter bilden sich gleichzeitig zwei benach-

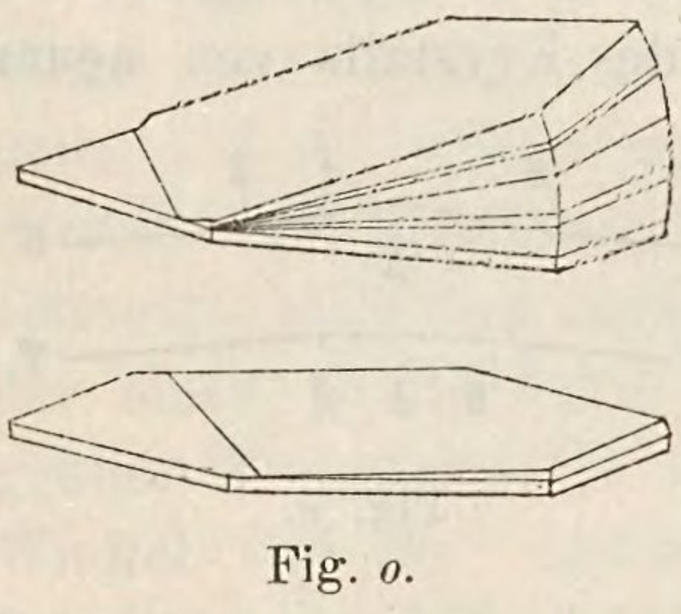


Fig. *o*.

barte Ansätze. Ihre Schnittlinien können als $R$ und $S$, oder als $S$ und $S'$ aufgefasst werden. Fig. *p*. Die Ansätze verschmelzen zu einem einzigen, der wieder keilförmig ist und aussen gekrümmte Scheinflächen trägt. Ein solcher Ansatz ist wiederum der Anfang einer gekrümmten Säule, die Krümmung ist bisweilen eine einfache, und die Krümmungsebene ist ungefähr senkrecht zu einem Seitenpaar, meist aber ist die Krümmung eine mehrfache.

Die Fig. *q* zeigt den ursprünglichen Krystall 1 mit den Krystallen 2, 3, 4 in Zwillingsstellung nach 100, 130, $1\bar{3}0$. Die Pfeile zeigen die Neigungen zu dem ursprünglichen Krystall an, welche nach dem früher Gesagten 40′ und 20′ betragen. Wenn der Krystall 2 sich auf 1 lagert und nun gemäss der bei den Knickungen als möglich erkannten Weiterbildung über 2 fernere Blättchen mit Neigungen im gleichen Sinne sich auflagern, so wird zuletzt eine einfach gekrümmte Säule entstehen, deren

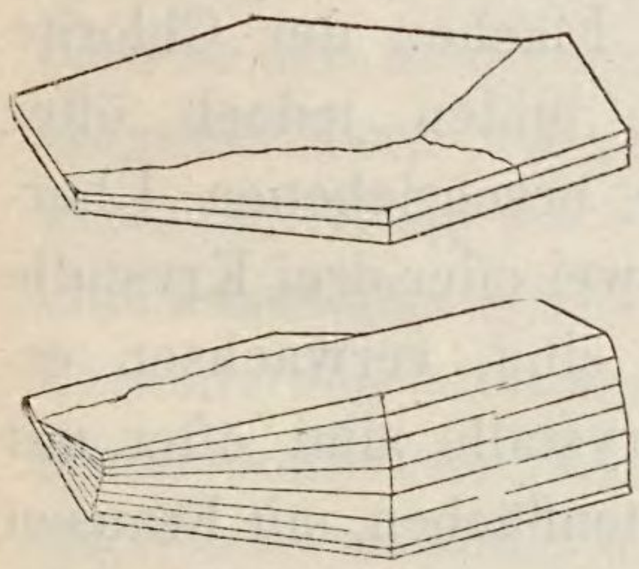


Fig. *p*.

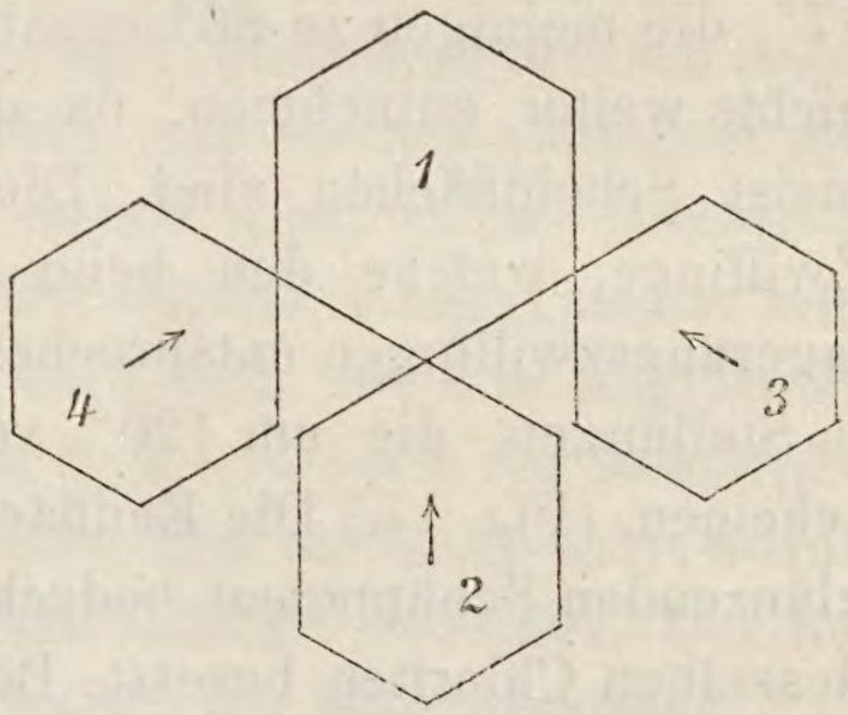



Fig. *q*.

Krümmungsebene diagonal ist. Das gleiche Resultat ergibt sich, wenn die Auflagerung mit 3 auf 1 oder mit 4 auf 1 beginnt und sich im gleichen Sinne wiederholt.

Wenn hingegen zwei benachbarte Blättchen sich gleichzeitig auf 1 lagern und beide Zwillingsbildungen im gleichen Sinne der Neigung sich fortsetzen, so wird die gebildete Säule nur dann eine einfache Krümmung haben, wenn die beiden Zwillingsbildungen sich in Bezug auf die Neigung zu 1 das Gleichgewicht halten. Die Krümmungsebene ist dann senkrecht zu einem Seitenpaar. In allen anderen Fällen wird die gebildete Säule eine gewundene Form haben. Wenn alle drei Zwillingsbildungen gleichzeitig eintreten, so können die erste und die dritte Art der Krümmung eintreten.

(G. Tschermak.)

Dass auch die zuweilen vorkommenden fassförmigen und rosettenförmigen Bildungen durch die hier in Betracht genommenen Zwillingsbildungen erklärt werden können, bedarf keiner besonderen Erläuterung.

## Leuchtenbergit.

Zum Klinochlor glaube ich auch das unter der vorstehenden Bezeichnung bekannte Mineral stellen zu sollen, obwohl dasselbe früher meistens zum Pennin gerechnet wurde. Der Leuchtenbergit von der Schischimskaja Gora bei Slatoust bildet sechsseitige Tafeln von gelblicher oder grünlicher Farbe. Die Seitenflächen sind matt, so dass eine Winkelmessung nicht ausführbar erscheint. Von den bisherigen Bestimmungen ist blos zu berichten, dass Kenngott's Messungen mit dem Anlegegoniometer den Winkel der Endfläche mit einer Seitenfläche zu 87°, die meinigen zu 86° ergaben. Aus diesen Zahlen lässt sich nichts weiter entnehmen, da die matten Flächen der Chlorite meist Scheinflächen sind. Die Krystalle bilden jedoch öfter Zwillinge, welche den beim Klinochlor beschriebenen Überlagerungszwillingen entsprechen, indem zwei oder drei Krystalle in Stellungen, die um 120° verschieden sind, verwachsen erscheinen. (Fig. 17.) Die Endflächen der Krystalle sind öfter mit glänzenden Schüppchen bedeckt, die Seitenflächen mit Fransen desselben Chlorites besetzt. Beide sind wohl als Neubildungen anzusehen. Viele Krystalle sind gekrümmt und verbogen.

Die Spaltblättchen sind nur selten durchsichtig und biegsam wie die des Klinochlors, meistens erscheinen sie vollständig trübe bis durchscheinend und lassen sich beim Biegen zerbröckeln, da sie aus Schüppchen zusammengesetzt sind. Die durchsichtigen Stellen sind ärmer an Einschlüssen. Die trüben Krystalle beherbergen aber zuweilen viele Kryställchen von braunem Granat, welche auch schon an der Oberfläche hervortreten. Kenngott hat zuerst auf diese Einschlüsse aufmerksam gemacht. In anderen Exemplaren findet sich Apatit und auch Magnetit als mikroskopisch erkennbarer Einschluss. Beide Minerale sind aber auch öfter in der Form grösserer Krystalle neben dem Leuchtenbergit angesiedelt. Beim Ätzen mit verdünnter Flusssäure werden die Blättchen sehr stark angegriffen und geben selten deutliche

Ätzfiguren, welche zum Theil dieselbe asymmetrische Form, wie jene des Klinochlors darbieten, zum Theil auch regelmässig sechsseitige Umrisse zeigen. Alle Blättchen sind positiv, die einen einaxig, die anderen zweiaxig mit kleinem Axenwinkel bis etwa 6°. Die Dispersion und die Orientirung der Axenebene bezüglich der Schlagfigur und des Umrisses der Krystalle stimmt mit dem Klinochlor von Achmatowsk, ebenso die Lagerung der optischen Axen in drei um 120° verschiedenen Ebenen.

Die angelagerten Fransen und Schüppchen gaben für den Axenwinkel 0—15° und das Verhalten einfacher Krystalle von Klinochlor. Die Beschaffenheit der grossen Krystalle hat schon die früheren Beobachter zu der Ansicht geführt, dass dieses Mineral sich nicht mehr im ursprünglichen Zustande befinde. Ich halte dies für unzweifelhaft, jedoch ist, von den genannten Eigenschaften abgesehen, das Mineral gleichartig und nicht etwa ein Gemenge von Zersetzungsproducten. Früher bemerkte ich schon, dass in den fassförmigen Krystallen von Ala ein verändert aussehender Kern wahrgenommen werde. Auch dieser letztere ist homogen. Wenn der Klinochlor, wie allgemein angenommen wird, eine isomorphe Mischung ist, so wird man die hier abgelaufene Veränderung so auffassen dürfen, dass von einer der isomorphen Componenten eine kleine Menge aufgelöst und fortgeführt worden sei. Wahrscheinlich war es die eisenhältige Substanz. Der Rest behielt die wesentlichen Eigenschaften der Mineralgattung.

An den Leuchtenbergit reihen sich noch einige andere Minerale, vor allem ein deutlich krystallisirtes, welches ich an zwei Stufen bemerkte, die mir mit der Fundortangabe Amity in New-York zukamen. Die durchsichtigen, blass gelblichen Krystalle haben die Form dicker, sechsseitiger, gestreckter Tafeln (Fig. 18) und sind zugleich mit mehreren anderen Mineralen von weissem, grobkörnigem Calcit umgeben. Die Begleiter sind kurze, bis 2 *cm* breite, blass grünliche Hornblendekrystalle, an welchen ausser dem Prisma (110) und den Längsflächen (010) noch $p = (101)$ und $r = (011)$ auftreten, und deren gelblich graue Rinde weich und specksteinartig ist, ferner durchsichtige, hellrothbraune, kurze, sechsseitige Säulchen von Phlogopit, deren Axenwinkel 14°, ausserdem kleinkörniger, berlinerblauer Fluorit, endlich einzelne kleine, feinkörnige Partikel von Graphit.

An den Krystallen dieses Leuchtenbergits sind die Seitenflächen ebenfalls matt. Die Abweichung der oft perlmutterglänzenden Endfläche von den Seitenflächen ergab sich mittelst des Handgoniometers zu 75° und 86°. Eine nähere Bestimmung liess sich nicht ausführen, da die Krystalle aus vielen Zwillingsblättchen zusammengesetzt sind. Manche der Tafeln sind grob gefaltet, wohl in Folge seitlichen Druckes. Die Strahlen der Schlagfigur sind den Seitenkanten parallel, wie beim Typus Achmatowsk. Die Blättchen sind positiv zweiaxig; der Axenwinkel in den schönsten Platten wurde zu 29° bestimmt, doch sinkt derselbe in den etwas getrübten Platten auf 10° und noch tiefer herab. Die Dispersion und die Lage der optischen Axen ist dieselbe wie im Klinochlor des Typus Achmatowsk und in den aufeinander folgenden Blättchen der zwillingsgemässen Lage in den um 120° verschiedenen Stellungen entsprechend. Die Ätzfiguren sind meist asymmetrisch, selten monosymmetrisch oder regelmässig dreiseitig. Dieser Leuchtenbergit, dessen chemische Zusammensetzung nach Sipöcz's Analyse mit der des Minerals von Slatoust nahe übereinkommt, macht den Eindruck völliger Frische, obgleich die begleitende Hornblende oberflächlich verändert erscheint.

An den Stufen des Seybertits von Amity habe ich den weissen Klinochlor gleichfalls wahrgenommen, ebenso denselben als Begleiter des Waluewits (Xantophyllits) von Nasiamsk erkannt und auch neben Fassait und Brandisit aus dem Fassathal,[1] also neben allen drei Gliedern der Clintonitreihe. In diesen drei Fällen sind es weisse oder grünlichweisse, optisch positive Blättchen von den Eigenschaften der Chlorite, ohne deutliche Ausbildung der Form. Die Winkel der optischen Axen wurden an den drei Vorkommen zu 22°, zu 42° und zu 12—2° gefunden. An einer Stufe von Traversella beobachtete ich neben gerieften Rhombendodekaëdern von Magnetit einzelne kleine, dünne, farblose bis blassgrüne, sechsseitige Tafeln mit den Eigenschaften des Klinochlors und einem Axenwinkel von 21—5°. Die hier mitgetheilten Beobachtungen zeigen, dass der eisenarme Klinochlor von weisslicher Farbe sowohl in Gesellschaft von

[1] Diese Berichte, Abth. I., Bd. 78, S. 560 und Zeitschr. f. Kryst., Bd. 3, S. 496.

Sprödglimmern, als auch ohne diese an verschiedenen Punkten zu finden ist. Derselbe dürfte aber früher für Talk gehalten worden sein. Descloizeaux führt ebenfalls beim Klinochlor derlei weisse oder blassgrüne Minerale mit kleinem Axenwinkel an, welche früher als Talkchlorit bezeichnet wurden.[1]

Auch der von Descloizeaux beschriebene weisse Chlorit von Mauléon dürfte hieher zu rechnen sein,[2] da derselbe kleine, sechsseitige Blättchen von positiver Doppelbrechung, sowie rosettenförmige Aggregate bildet, was mit dem Klinochlor und Leuchtenbergit besser übereinstimmt als mit Pennin, zu welchem Descloizeaux das Mineral gestellt hat. In chemischer Beziehnng steht dasselbe auf der Grenze zwischen Klinochlor und Pennin.

## Korundophilit.

Mit diesem Namen wird gegenwärtig ein Chlorit belegt, welcher bei Chester in Massachusetts mit Korund vorkommt und der sich in den physikalischen Eigenschaften, wie auch in der chemischen Zusammensetzung dem Klinochlor nähert. Ich erhielt durch die Güte des Herrn Prof. Edw. Dana in New Haven eine Probe dieses interessanten Minerales.

Dunkelolivengrüne Blättchen und unvollkommene Krystalle sitzen dicht gedrängt mit je einer Seite auf einer feinkörnigen Masse, die aus Korundophilit und Magnetit besteht. Die Eigenschaften der Blättchen und Krystalle stimmen mit jenen des Klinochlors überein, doch sind sie etwas spröder als dieser. Die Form entspricht dem Typus Ala. Die Krystalle sind sechsseitige oder zwölfseitige Tafeln, an welchen die grösseren Seitenflächen matt erscheinen. Letztere gehören den beiden Zonen *cv* und der Zone *ci* an. Die Seitenkanten sind aber öfters durch etwas glattere, aber treppenartige Flächen der beiden Zonen *cm* abgestumpft (Fig. 19). Die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetz lässt sich nur optisch nachweisen. Man erkennt vorzugsweise Überlagerungszwillinge mit der um je 120° verschiedenen Stellung der Einzelkrystalle, oft aber auch Berührungszwillinge mit krummen Grenzflächen. Beim Zersprengen der Blättchen bilden sich ziemlich glatte Trennungsflächen in den Zonen der

[1] Manuel I, S. 451.

[2] Manuel I, S. 439.

Schlaglinien, wodurch dieser Chlorit sich von anderen unterscheidet (Fig. 20). In der Zone *cb* erhielt ich eine Trennungsfläche, welche mit *c* den Winkel von 64° bildet und der Ebene 089 entspricht, für die sich 63° 43′ berechnen. In den Zonen *cm* ergaben sich die Winkel:

| | |
|---|---|
| 71° entspr. 223 ber. 71° 31′ | 37° entspr. $\bar{1}16$ ber. 37° 18′ |
| 75 „ 445 „ 74 23 | 62 „ $n=\bar{2}25$ „ 61 28′ |

Ausserdem zeigten sich noch einige andere Trennungen, die nicht bestimmt werden konnten. Auch in den Zonen der Drucklinien entstehen zarte Sprünge. Beim Ätzen mit Flusssäure wird der Korundophilit viel stärker zersetzt als der Klinochlor. Auf *c* bilden sich Ätzfiguren von monosymmetrischer Form, wie in Fig. 4.

Die Ebene der optischen Axen ist einer Schlaglinie parallel. Die erste positive Mittellinie ist ebenso merklich schief gegen *c* wie im Klinochlor, die Dispersion der optischen Axen wie dort $\rho < \upsilon$. Der Axenwinkel ist ziemlich gross. In den Berührungszwillingen ist derselbe jedoch an den Zwillingsgrenzen dort, wo die Einzelkrystalle einander überlagern, ungemein klein. An einer schönen Platte wurden unter Anwendung der Gasflamme bestimmt:

$$Ac = 56° \qquad cB = 24° \qquad AB = 80°.$$

Da die Bestimmungen bloss auf ganze Grade gehen, so ist es gestattet, den für Klinochlor erhaltenen Brechungsquotienten $\beta = 1{\cdot}583$ zu benützen, wonach

$$A'c = 31°\ 40' \qquad cB' = 15° \qquad A'B' = 46°\ 40'$$

und die Abweichung der ersten Mittellinie von der Normalen auf *c*

$$cc = 8°\ 20'$$

berechnet wurden.[1] Diese Zahl kommt den später anzuführenden für den Klinochlor von Westchester ermittelten nahe.

In dem feinkörnigen Korundophilit, welcher die Unterlage der Blättchen bildet, wurde im Dünnschliffe die Zwillingsbildung

[1] Descloizeaux (Manuel, II, XLIV) bestimmte an einer Platte von Korundophilit $AB = 64°\ 59'$ und fand bei Erhöhung der Temperatur eine geringe Zunahme des Axenwinkels. Cooke (Am. Journ. [2], 44, p. 206) erhielt für *AB* die Winkel 32°, 45°, 71½°, 73½°.

ebenfalls erkannt und in den Überlagerungszwillingen als das Maximum der Abweichung der Auslöschungsrichtungen in zwei aufeinanderfolgenden Individuen zu 15° bestimmt, was mit den vorigen Beobachtungen stimmt, da selbe 15° 3′ erfordern.

### Amesit.

Dem zuvor beschriebenen Mineral steht ein Chlorit nahe welcher bei Chester in Massachusetts auf Diaspor sitzend gefunden und von Shepard Amesit genannt wurde. Pisani, welcher denselben analysirte, gibt an, dass das apfelgrüne, in sechsseitigen Tafeln krystallisirte Mineral wie grüner Talk aus Tirol oder wie mancher Chlorit aus Piemont aussehe, und dass dasselbe optisch positiv und einaxig befunden wurde.[1] Der positive Charakter zeigt Übereinstimmung mit Klinochlor und Korundophilit. Die Angabe der Einaxigkeit dürfte nur als eine beiläufige aufzufassen sein. Genauere Bestimmungen an diesem Chlorit, welcher der genannten Analyse zufolge sich als das thonerdereichste Glied in der Reihe der bis jetzt bekannten Minerale der Hauptreihe darstellt, sind sehr zu wünschen.

### Klinochlor vom Typus Zillerthal.

Während die Gestalten der Klinochlorkrystalle von den früher genannten Fundorten oft an hexagonale Formen erinnern und eine sechsseitige Endfläche zeigen, folgen die Krystalle der ferner zu besprechenden Vorkommen einem rhomboëdrischen Typus und ihre Endfläche ist öfter dreiseitig. Die Form derselben ist jener des Pennins ähnlich, daher Verwechslungen mit diesem öfter stattgefunden haben. In krystallographischer Hinsicht ist bisher nur das Tiroler Vorkommen bekannt geworden.

Hessenberg beschrieb 1866 einen einfachen Krystall aus dem Zillerthale mit den Flächen $c = (001)$, $f = (\bar{4}01)$, $v = (132)$ und $h = (010)$ (siehe Fig. 21). Der Krystall war von einer Stufe genommen, welche aus einem „dichten syenitischen Gneissgestein“ bestand, worauf die Klinochlorkrystalle „mehr abgesondert als drusig verbunden sassen und bloss von einem flächenreichen Apatitkrystall begleitet waren“.[2] Eine ähnliche Stufe lieferte auch mir die besten Krystalle. Der Klinochlor bildet eine

[1] Comptes rend., t. 83 p. 166.

[2] Mineralogische Notizen Nr. 7, S. 28.

Druse auf dichtem, grünlichweissem Feldspath, welcher einzelne kleine grüne Chlorithäufchen umschliesst. Als begleitende Minerale sind farbloser Diopsid und Apatit, beide in sehr geringer Menge und in einzelnen Krystallen, ferner borstenförmiger grünlichweisser Diopsid zu bemerken. Die Klinochlorkrystalle haben 2 bis 4 *mm* Durchmesser, sie sind schwarzgrün, mit einem Stich ins Lauchgrüne und zeigen einen schönen Dichroismus, da sie durch die Seitenflächen gesehen hyacinthroth erscheinen, während die Spaltungsplatten durch *c* gesehen eine smaragdgrüne Farbe zeigen. Die Seitenflächen sind oft glatt und manche derselben erscheinen dem freien Auge einfach, während sie bei der goniometrischen Prüfung meistens aus streifenförmigen Theilen zusammengesetzt erscheinen, welche gegen *c* verschiedene Neigung besitzen.

An diesen Krystallen sind nur drei Zonen ausgebildet, welche um je 120° von einander abstehen. Eine Zone ist die domatische $[001 : \bar{1}01]$, die beiden anderen sind pyramidale $[001 : 130]$ und $[001 : 1\bar{3}0]$. Dadurch entsteht oft ein rhomboëdrisches Ansehen. Einige der von mir beobachteten Combinationen sind in den Fig. 22 bis 27 dargestellt.

Andere Stufen, für welche der Fundort Wildkreuzjoch in Pfitsch angegeben wird, bieten schwarzgrüne Krystalle von ähnlicher Form dar, wie die vorigen. Manche derselben zeigen Ausbildungen, welche in Fig. 27 bis 34 angezeigt sind. Das Gestein ist wiederum eine dichte Feldspathmasse mit anhängendem Chloritschiefer oder ein Dioritschiefer. Die Begleiter sind kurze kleine Krystalle von weissem Diopsid, kurze Apatitkrystalle, welche an den Enden in kurze Faserbündel ausgehen, ferner borstenförmiger Diopsid, öfter Magnetit in glatten Octaëdern, bisweilen auch Titanit in gelben bis braunen tafelförmigen Krystallen.

An den hier bezeichneten Krystallen aus dem Zillerthale ist die Endfläche *c* meistens am stärksten entwickelt. Von den Seitenflächen zeigen $v = 132$, $g = 261$ und $f = \bar{4}01$ öfter eine grössere Ausdehnung und vorherrschende Entwicklung. Die Lage der häufig vorkommenden Seitenflächen nähert sich entweder der Lage von *v*, *g*, *f* und *i* oder fällt mit dieser zusammen.

Im Folgenden sind die Messungen angeführt, welche mir die Bestimmung der hier genannten Flächen erlaubten, ferner

auch drei Messungen, die von Hessenberg angestellt wurden. Die letzte Columne enthält die Zahl der Krystalle, an welchen die Bestimmungen ausgeführt sind, deren Ergebniss oder Mittel die vorige Columne angibt. Die Winkel beziehen sich auf die Neigung der genannten Flächen zu der Endfläche *c*.

| | Berechnet | Beobachtet | Zahl der Krystalle |
|---|---|---|---|
| $\rho = 397$ | 73° 22′ | 73° 20′ | 4 |
| $p = 9.\overline{27}.20$ | 74 7 | 74 8 | 3 |
| $\psi = 8.24.17$ | 74 46 | 74 44 | 1 |
| $v = 132$ | 75 37 | 75 39 g. | 2 |
| | | 75 34 g. | 1 Hss. |
| $\varphi = 9.\overline{27}.17$ | 76 23 | 76 25 | 6 |
| $\xi = 11.\overline{33}.20$ | 76 52 | 76 50 | 4 |
| $\chi = 392$ | 85 0 | 84 57 | 2 |
| $g = 261$ | 86 12 | 86 13 g. | 4 |
| $\omega = \bar{3}05$ | 67 23 | 67 25 ca. | 1 |
| $r = \bar{5}06$ | 73 23 | 73 16 | 3 |
| $\pi = \bar{7}08$ | 74 9 | 74 3 | 1 |
| $i = \overline{32}.0.33$ | 75 40 | 75 40 | 3 |
| $j = \overline{31}.0.30$ | 76 32 | 76 33 | 8 |
| $\sigma = \bar{6}05$ | 78 23 | 78 28 | 1 |
| $q = \overline{11}.0.4$ | 85 4 | 85 5 | 3 |
| $\gamma = \bar{7}02$ | 86 11 | 86 8 | 1 |
| $f = \bar{4}01$ | 86 42 | 86 41 g. | 1 Hss. |
| $h = 301$ | 95 10 | 95 0 ca. | 2 |
| $b = 010$ | 90 0 | 90 4 g. | 1 Hss. |
| | | 90 8 | 1 |

Ausser diesen Flächen wurden von mir noch mehrere andere, die äusserst schmal waren oder nur unvollkommene Reflexe lieferten, wahrgenommen. Von einigen derselben wird später noch die Rede sein. Überdies wurden öfter in allen drei Zonen gekrümmte Flächen angetroffen, welche weniger steil gegen *c* sind, als alle oben angeführten Flächen. Die Complexe derselben sind in den Figuren 24 und 27 mit λ und ζ bezeichnet. Für die Flächen λ, welche in der Zone *cg* liegen, wurden Winkel von 38° bis 59°, für die unter ζ begriffenen, welche der Zone *cf* angehören, Winkel von 39° bis 53° gefunden.

Einige Flächen lieferten hohe Indices. Man könnte $i = \overline{32}.0.33$ und $j = \overline{31}.0.30$ für Vicinalflächen halten, da sie von der Fläche $i = \bar{1}01$ nur wenig abweichen. Die letztere Fläche *i*, welche am

Klinochlor von Achmatowsk vorkommt, habe ich an dem Zillerthaler Klinochlor nicht gefunden. Sie wird hier gleichsam durch $i$ und $j$ vertreten. An diese schliessen sich beiderseits als benachbarte Flächen $r = \bar{5}06$ und $\sigma = \bar{6}05$ an. Ein ähnlicher Flächencomplex findet sich in den beiden anderen Zonen. Hier ist die Fläche $v = 132$, welche am Klinochlor von Achmatowsk vorkommt, wohl beobachtet, jedoch wird sie öfters durch $\psi = 8.24.17$ oder $\varphi = 9.\overline{27}.17$ gleichsam vertreten, und als Nachbarn finden sich beiderseits die Flächen $p = 9.\overline{27}.20$ und $\xi = 11.\overline{33}.20$. Diese Beziehungen werden durch die Wahl anderer Axen zwar in ihrem Ausdrucke, jedoch nicht in ihrem Wesen geändert.

So wie bei dem Klinochlor des vorigen Typus ist es auch hier von Belang, zu prüfen, ob Flächen in den um 120° oder 180° verschiedenen Zonen eine ähnliche Neigung zu $c$ besitzen, zumal Zwillingsbildungen nach dem Glimmergesetze und nach dem Penningesetze hier gewöhnliche Erscheinungen sind.

*a)* Zonen um 120° verschieden.

| | Ber. | Beob. | | | Ber. | Beob. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\rho = 397$ | 73°22' | 20' | und | $r = \bar{5}06$ | 73°23' | 16' |
| $p = 9.\overline{27}.20$ | 74 7 | 8 | | $\pi = \bar{7}08$ | 74 9 | 3 |
| $v = 132$ | 75 37 | 37 | | $i = \overline{32}.0.33$ | 75 40 | 40 |
| $\varphi = 9.27.17$ | 76 23 | 25 | | $j = \overline{31}.0.30$ | 76 32 | 33 |
| $\chi = 392$ | 84 60 | 57 | | $q = 11.0.7$ | 84 64 | 65 |
| $g = 261$ | 86 12 | 13 | | $\gamma = \bar{7}02$ | 86 11 | 8 |

Hier zeigt sich in sechs Fällen eine solche Ähnlichkeit der Neigung zu $c$, dass der Unterschied zwischen jeder Zahl der linken Columne und der zugehörigen in der rechten Columne noch innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler liegt. Somit kann an diesen Krystallen durch die blosse Winkelmessung nicht entschieden werden, ob eine Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze vorliege oder nicht, und man wird ohne optische Prüfung beständig der Gefahr ausgesetzt sein, eine Zone mit der anderen zu verwechseln. In den von mir beobachteten Fällen dürfte eine Verwechslung ausgeschlossen sein, da die Messung durchwegs an Krystallen vorgenommen wurde, welche sich bei der optischen Untersuchung einfach

erwiesen, und da sämmtliche Krystalle auf optischem Wege in gleicher Weise orientirt wurden.

Wenn man aus den angeführten Zahlen die Durchschnittswerthe nimmt, so ergibt sich, dass die in der linken Columne bezeichneten Flächen eine mittlere beobachtete Neigung von 78° 27′ besitzen. Fast denselben Durchschnittswerth, nämlich 78° 28′ beobachtet, erhält man aus der rechten Columne. Dies zeigt an, dass die Flächen der drei um 120° verschiedenen Zonen sich fast genau so wie Rhomboëderflächen verhalten, da sie gegen eine zu *c* senkrechte Axe gleich oder fast genau gleich geneigt sind.

Es ist dieselbe Erscheinung, wie am Biotit, an welchem G. v. Rath in drei Zonen, welche dieselbe Lage wie die oben angegebene haben, Flächen mit der gleichen Neigung von 80° 0′ gegen *c* fand, so dass ein Unterschied bloss in Bruchtheilen der Minute gelegen war. Diese drei Flächen würden ein steiles Rhomboëder geben, dessen Hauptaxe mit der Normalen zu *c* zusammenfällt. Da sich der Klinochlor wie der Biotit optisch monoklin verhalten, so ist zwar schon deshalb ein rhomboëdrisches System ausgeschlossen, jedoch zeigt jene Gleichheit der Flächenneigungen, dass in beiden Fällen ein rechtwinkeliges oder fast genau rechtwinkeliges Axensystem angenommen werden kann. Bei der Behandlung des Biotits in meiner Arbeit über die Glimmergruppe ging ich auch von einem solchen Axensystem aus und erhielt die einfachsten Indices, wenn ich eine unter 80° 0′ geneigte Fläche als $\bar{1}01$ annahm.

Wird für den Zillerthaler Klinochlor nach Annahme rechtwinkeliger Axen die Einheitsfläche gesucht, so zeigt sich, dass die kleinsten Indices erhalten werden, wenn man von einer Fläche ausgeht, welche gegen *c* unter 80° 16′ geneigt ist, die also ungefähr dieselbe Neigung hat wie die Einheitsfläche der Biotite.

Im Folgenden wird die Bezeichnung der sicherer bestimmten Flächen des Zillerthaler Klinochlors nach der früher vorgenommenen Wahl der Axen und nach Annahme rechtwinkeliger Axen verglichen. Jeder Fläche $h$, $3h$, $l$ entspricht im letzteren Falle eine Fläche $-2h$, $o$, $l$ von gleicher Neigung zu *c*. Die beobachteten Werthe sind in dieser Folge angeführt.

| $\beta = 89°40'$ | $\beta = 90°$ | $\beta = 89°40'$ | $\beta = 90°$ | Berechn. | Beob. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\rho = 397$ | 267 | $r = \bar{5}06$ | $\bar{4}07$ | 73°17' | 20' | 16' |
| $p = 9.27.20$ | 3.9.10 | $\pi = \bar{7}08$ | $\bar{3}05$ | 74 3 | 8 | 3 |
| $v = 132$ | 133 | $i = \overline{32}.0.33$ | $\bar{2}03$ | 75 34 | 37 | 40 |
| $\varphi = 9.27.17$ | 5.15.14 | $j = \overline{31}.0.30$ | $\bar{5}07$ | 76 30 | 25 | 33 |
| $\xi = 11.33.20$ | 4.12.11 | — | — | 76 44 | 50 | — |
| $\chi = 392$ | 131 | $q = \overline{11}.0.4$ | $\bar{2}01$ | 84 66 | 57 | 65 |
| $g = 261$ | 5.15.4 | $\gamma = \bar{7}02$ | $\bar{5}02$ | 86 5 | 13 | 8 |
| | | $f = \bar{4}01$ | $\bar{3}01$ | 86 43 | — | 41 |

Wird für den Klinochlor von Achmatowsk derselbe Versuch gemacht, so ergeben sich keine einfacheren, sondern complicirtere Indices. Im Folgenden sind wiederum die sicherer bestimmten Flächen mit ihrer Bezeichnung nach jenen beiden Annahmen vorgeführt.

| $\beta = 89°40'$ | $\beta = 90°$ | Berechnet | Beobachtet |
|---|---|---|---|
| $x = 4.0.10$ | 11.0.45 | 54°56' | 56' |
| $i = \bar{1}01$ | $\bar{9}.0.13$ | 76 5 | 10 |
| $d = 225$ | 4.4.15 | 60 59 | 55 |
| $m = 112$ | 113 | 65 59 | 63 |
| $o = 111$ | 9.9.13 | 77 53 | 53·5 |
| $n = \bar{2}25$ | $\bar{3}.3.11$ | 61 25 | 31 |
| $t = 034$ | 0.10.11 | 71 54 | 49 |

Hiernach sind beide Typen des Klinochlors auf ein Axensystem beziehbar, welches dem des Meroxens ähnlich ist, jedoch der Typus Achmatowsk nur gezwungen, weil oft wiederkehrende Flächen, wie *i*, *o*, *t* hohe Indices erhalten, während für den Typus Zillerthal sich eine grosse Vereinfachung ergäbe. Man müsste für jeden der beiden Typen ein anderes Axensystem annehmen, um die einfachste Bezeichnung der Flächen zu erhalten, dieselben also wie zwei verschiedene Gattungen behandeln, während beide in chemischer Hinsicht identisch sind. In dem Klinochlor sind demnach bezüglich der Formenbildung zweierlei Tendenzen bemerklich. Der Typus Achmatowsk verhält sich vollkommen monoklin und erinnert bloss durch den regelmässigen Querschnitt der Krystalle an das hexagonale System, der Typus Zillerthal aber nähert sich bezüglich der Winkelverhältnisse und der Zonenbildung dem rhomboëdrischen System so sehr, dass

nur die Flächenvertheilung einen Unterschied von der rhomboëdrischen Form bildet.

Ich kehre nun wiederum zu der früheren Bezeichnung der Flächen des Zillerthaler Klinochlors zurück. Es erübrigt noch zu prüfen, ob Flächen von ungefähr gleicher Neigung vorkommen, welche in Zonen liegen, die um 180° verschieden sind.

Da an diesem Klinochlor fast durchwegs nur solche Flächen vorkommen, welche bei rhomboëdrischer Betrachtung der Form als negative Rhomboëder zu bezeichnen wären und bisher nur die Fläche *h* eine Ausnahme macht, so ist nur ein einziger Fall hieher gehörig.

*b)* Zonen um 180° verschieden:

$q = \overline{11}.0.4$ ber. 85° 4' beob. 5' und $h = 301$ ber. 84° 50' beob. 85°

Diese beiden Flächen können an Zwillingen verwechselt werden, insbesondere da nach dem Penningesetze die Ebene der optischen Axen in allen Individuen dieselbe ist, folglich eingeschaltete Zwillingsblättchen auch bei der optischen Prüfung bisweilen der Wahrnehmung entgehen werden. Weil bei der Zwillingsbildung nach dem Penningesetze Flächen in die um 180° verschiedene Zone, also bei rhomboëdrischer Auffassung in die dem positiven Rhomboëder zukommenden Positionen übertragen werden, so wird bei solchen Klinochlorkrystallen dieses Typus, welche ausser negativen Rhomboëdern auch positive darbieten, auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen sein.

Die Flächenbeschaffenheit des Zillerthaler Klinochlors ist nicht immer dieselbe. Die Endflächen sind oft vollkommen glatt und eben, bisweilen aber zeigt die Endfläche *c* eine sehr zarte, dem freien Auge wenig bemerkliche Zeichnung. Bei der Betrachtung mit der Lupe zeigen sich ungemein feine, flache Riefen, welche den Kanten *cj*, *cg*, *cp* parallel sind. Dieselben bilden Stufen einer ungemein flachen, dreiseitigen Erhöhung und diese Stufen treffen in drei Linien zusammen, welche den Kanten eines negativen Rhomboëders entsprechen, Fig. 30. Diese zarte Riefung ist nur eine oberflächliche Erscheinung.

Die Seitenflächen in den drei Zonenstücken 001 bis $\bar{1}00$, ferner 001 bis 130 und 001 bis $1\bar{3}0$ sind glatt, jedoch zeigen sie öfter Wiederholungen. In den Zonenstücken aber, welche positiven

Rhomboëdern entsprechen, also 001 bis 100, ferner 001 bis $\bar{1}30$ und 001 bis $\overline{1}30$ breiten sich öfter scharfkantige Treppen aus, welche aus Wiederholungen von *c* und den in der Liste aufgeführten Seitenflächen gebildet sind, und diese Treppen bilden bisweilen Scheinflächen (Fig. 28 bis 31). Manche Krystalle sind seitlich bloss von solchen Treppen begrenzt, und wenn diese Treppen sehr fein sind, bilden sich Scheinformen, wie in Fig. 31, welche die Gestalt der Penninkrystalle von Zermatt wiederholen.

Zuweilen finden sich Zwillingsbildungen, welche sich durch die optische Prüfung leicht controliren lassen. Sie folgen dem Glimmergesetze, nach welchem die Theilkrystalle bei paralleler Lage der Endfläche *c* in einer um 120° verschiedenen Stellung an *c* verwachsen erscheinen (siehe die Fig. 32 und 33). Die Lage der optischen Axen im unteren Krystalle ist hier punktirt angegeben. Nach der beim Biotit gewählten Bezeichnung ist der Zwilling in Fig. 32 ein linker, jener in Fig. 33 ein rechter Zwilling. In der ersteren Figur ist der Beobachtung entsprechend angedeutet, dass die Flächen am unteren Krystalle treppenartig ausgebildet, die am oberen Krystalle glatt sind.

Eine zweite Art der Zwillingsbildung, nämlich jene nach dem Penningesetze, tritt hier nur untergeordnet auf, zeigt aber bisweilen Wiederholung.

Zwillingsebene ist hier die Fläche 001. Die Ausbildung ist eine wenig auffallende, weil nur ab und zu ein Blättchen diesem Gesetze gemäss in dem Krystalle eingeschaltet erscheint. Bei der goniometrischen Beobachtung machen sich jedoch solche Blättchen bemerklich, da Reflexe in solchen Räumen auftreten, in welchen sonst keine Flächen gefunden werden. An einem solchen Zwilling, der in Fig. 34 dargestellt ist, welche jedoch das eingeschaltete Blättchen unverhältnissmässig dick angibt, konnte ich trotz des schwachen Reflexes an jenem Blättchen die Winkel einer Zone genauer bestimmen:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $cg_1$ | beobachtet | 86° | 18′ | berechnet | 86° | 12′ |
| $cg$ | „ | 93 | 50 | „ | 93 | 48 |
| $gg_1$ | „ | 7 | 33 | „ | 7 | 36 |

Diese Zwillingsbildung lässt sich optisch nicht leicht controliren, da die Ebene der optischen Axen in allen Theilen der

Zwillinge dieselbe Lage parallel 010 hat und da bei der geringen Dicke der eingeschalteten Lamelle die Störung der Axenbilder hier eine ganz unmerkliche ist.

Eine der Menge nach unbedeutende Einschaltung von Zwillingsblättchen nach diesem Gesetze kann also der Beobachtung vollständig entgehen. Es ist wahrscheinlich, dass derlei ungemein dünne Blättchen in den meisten Krystallen eingeschaltet sind, und dass dieselben jene vorherbeschriebene Treppenbildung auf den Seitenflächen auch solcher Krystalle, die einfach erscheinen, veranlassen.

Eine Knickung oder Fältelung der Endfläche, welche an Krystallen des Typus Achmatowsk so häufig auftritt, wurde an den Krystallen dieses und des folgenden Typus nicht beobachtet.

Bemerkenswerth ist die unsymmetrische Vertheilung der meisten Flächen, sowohl an den einfachen, wie an den Zwillingskrystallen. Auf der einen Seite der angenommenen Symmetrieebene sind meist andere Flächen ausgebildet als auf der anderen Seite. Obwohl zu berücksichtigen ist, dass die Flächen derselben Zonen häufig Wiederholungen zeigen und schmale Flächen durch den Reflex der breiteren zum Verschwinden gebracht werden, so blieb nach aufmerksamer Prüfung der Beobachtungen doch kein Zweifel, dass die genannte Ungleichheit bestehe. Dieselbe folgt jedoch, soweit meine Untersuchungen reichen, einer bestimmten Regel, indem die gemessenen 15 Krystalle sich alle so aufstellen lassen, dass bestimmte, mehrmals wiederkehrende Flächen, wie $v$, $\chi$, $g$, immer zur Rechten, andere, wie $p$, $\varphi$, $\xi$, immer zur Linken auftreten, $\rho$ dagegen zu beiden Seiten erscheint. Die Figuren 22 bis 34 sind nach dieser Stellung entworfen.

Die genannte Flächenvertheilung verleiht den Krystallen aus dem Zillerthale einen triklinen Habitus.

Diese Erscheinung dürfte keine bloss zufällige sein, da die Ätzung der Krystalle aus dem Zillerthal, sowie der Platten aus Pennsylvanien auf $c$ unsymmetrische Ätzfiguren ergeben hat, worüber später noch berichtet wird. Aus der Messung der Krystalle hat sich hingegen eine Abweichung von den Forderungen des monoklinen Systems nicht mit Sicherheit erkennen lassen. Die gemessenen Winkel stimmen mit den für ein monoklines Axensystem berechneten, wie aus den oben angeführten Zahlen

ersichtlich, ziemlich gut überein. Für den charakteristischen Winkel $c:b$ hat Hessenberg 90° 4′ gefunden, und ich bestimmte an einem Krystalle von der Form in Fig. 27 den Winkel $001:0\bar{1}0$ zu 90° 8′, wonach bei der gewählten Aufstellung der Krystalle die Kante *cb* rechts oben eine scharfe, links oben eine stumpfe wäre. Die gefundene Abweichung von 90° ist jedoch so gering, dass sie eben noch innerhalb der Grenzen des möglichen Beobachtungsfehlers liegt.

Auch bei der Untersuchung im polarisirten Lichte hat sich bisher eine Abweichung von dem monoklinen Systeme nicht erkennen lassen. Die starke Färbung der Platten beeinträchtigt freilich die Genauigkeit der Beobachtung.

Wenn aber eine einzige physikalische Erscheinung eine Asymmetrie des Krystallbaues im Klinochlor andeutet, so kann die Annahme des monoklinen Systems nicht mehr als sicher gelten und es sind entscheidende Beobachtungen abzuwarten.

Klinochlor von Westchester. Mit dem Klinochlor aus dem Zillerthale stimmt im Wesentlichen jener von Westchester in Pennsylvanien überein, welcher zuerst durch Blake's optische Untersuchung[1] bekannt wurde. Die grossen dunkelgrünen Krystalle, die Krystallstöcke und die dicken dreiseitigen oder auch sechsseitigen Tafeln sind gegenwärtig in allen grösseren Sammlungen verbreitet. Dana hat einen Krystall von 9 *cm* Breite in natürlicher Grösse abgebildet.[2] Auch in Fig. 35 ist ein solcher Krystall im verkleinerten Massstabe und in derselben Orientirung wie die vorigen dargestellt. Die treppenartigen Seitenflächen erlauben keine genauere Messung. Ich konnte bloss die Fläche $h = 301$, welche mit *c* vorne einen Winkel von 84° 50′ (beob. 85°) bildet, mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit bestimmen. Die Ausbildung der Krystalle entspricht derjenigen mancher Krystalle aus dem Zillerthal, wie in Fig. 28 und 29, doch fehlen die glatten Flächen. Charakteristisch sind die als gleichseitige Dreiecke geformten Endflächen. Blake vergleicht die Krystalle mit den dreiseitigen Tafeln des Glimmers von Monroe (Anomit), jedoch sind die letzteren seitlich von Druckflächen begrenzt, ihre Form ist eine secundäre, während die Form des

[1] American Journal of science, 2e ser., Vol. XII, p. 339.

[2] System of Mineralogy, 5. Ed., p. 499.

Klinochlors von Westchester meist eine ursprüngliche, eine echte Krystallform ist. Zwillingsbildungen sind äusserlich nicht erkennbar, doch hat schon Blake an manchen Exemplaren ein zweites System von optischen Axen in einer um 120° verschiedenen Lage bemerkt, was dem Zwilling nach dem Glimmergesetze entspricht, und Cooke hat Zwillingsverwachsungen nach dieser Regel mit allen drei Stellungen der einzelnen Individuen beobachtet.[1] Ich konnte die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze auch an mehreren Exemplaren optisch nachweisen.

Da die bisher beschriebenen Krystalle vorwiegend einfache sind, so eignen sich dieselben besonders zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Krystallindividuen.

Am Klinochlor lassen sich, wie Bauer bemerkte, Schlagfiguren hervorbringen, jedoch in Folge der Zähigkeit nicht immer mit solcher Leichtigkeit und in solcher Vollkommenheit wie am Glimmer. Die Schlagfigur ist wie dort ein regelmässig sechsstrahliger Stern und eine der drei Schlaglinien ist parallel der Kante *cb* (Fig. 36). Bei der Ausführung der Schlagfiguren leistete mir ein von Herrn Lattermann construirter und mir gütigst überlassener kleiner Apparat vorzügliche Dienste. Ein bequemes Material geben die grossen Platten von Westchester. An den Schlaglinien, welche hier oft sehr rein ausfallen, bemerkte ich diesen entlang eine zarte dachförmige Auftreibung, welche perlmutterglänzend ist. Wenn man sich vorstellt, dass beim Schlage die entstandenen Sprünge sich nach unten öffnen, so ergibt sich im oberen Theile des Sprunges eine Quetschung der Wände, welche die Auftreibung längs derselben veranlasst.

Ausser den Schlaglinien bilden sich auch viele äusserst zarte und seichte krumme Sprünge, welche bei der Beobachtung im durchfallenden Lichte das Aussehen der sogenannten Trichite darbieten. Auch Druckfiguren lassen sich erzeugen. Die Strahlen derselben halbiren den Winkel, welchen die Schlagstrahlen mit einander bilden. Es gelang mir nicht, die Druckfigur allein zu erhalten, da immer gleichzeitig Schlagstrahlen entstehen.

An den tafelförmigen Stücken von Westchester sieht man häufig Absonderungen, welche den eben erwähnten Trennungsrichtungen entsprechen. Die Kanten, welche diese Trennungen

[1] American Journal, 2. ser., Vol. XLIV, p. 202.

mit *c* bilden, sind senkrecht zu den Seiten des gleichseitigen Dreieckes, welches als Endfläche der Krystalle erscheint (Fig. 37), oder sie sind diesen Seiten parallel (Fig. 38). Diese sind aber selten. Im ersten Falle sind sie den Schlaglinien, im zweiten den Drucklinien entsprechend. Die Neigung der Trennungsflächen gegen *c* konnte an diesem Klinochlor nicht bestimmt werden, da zusammenhängende Trennungsflächen nicht beobachtet wurden. Hierher gehörige Messungen sind jedoch beim Korundophilit mitgetheilt.

An Krystallen und Spaltungslamellen der beiden Chlorite wurden Ätzversuche ausgeführt. Die Platten wurden einen Tag lang in mässig verdünnte Flusssäure gelegt, worauf sie einzelne oder in Gruppen vereinigte, scharf umgrenzte Ätzfiguren zeigten. Diese sind asymmetrisch vierseitig. Die Figuren auf einer Endfläche und auf ihrer Gegenfläche unterscheiden sich im Sinne von rechts und links, indem die längste Seite der Ätzfigur auf der einen Seite der Endfläche nach rechts, auf der anderen nach links gewendet erscheint, wie es der Natur eines triklinen Krystalles entspricht. Fig. 39 und 40 geben diese beiden Fälle auf den Endflächen eines Krystalles von Westchester an. Durch Ätzung von Krystallen aus dem Zillerthale konnte die Orientirung der Figur in Bezug auf die Seitenflächen, welche, wie zuvor beschrieben, links und rechts verschieden sind, ermittelt werden. In Fig. 41 und 42 ist diese Orientirung auf der einen und der anderen Endfläche dieser Krystalle dargestellt. Die Ätzfigur wendet ihre längste Seite gegen die Kante *cv*.

Wegen der häufigen Krümmung der Linien des Umrisses konnten die ebenen Winkel der Figur nicht genauer bestimmt werden, doch ergaben sich für die Winkel an der längsten Seite ziemlich constant 60°, während für den zweiten Winkel an der gegen die Fläche *j* gewendeten Seite 109° erhalten wurden (Fig. 43$_s$). Demnach liegen die Flächen, welche die Ätzfigur zusammensetzen, in vier verschiedenen Zonen, nnd zwar die an der Seite *X* liegenden in der Zone [001:100], die an der *Y* liegenden in der Zone [001 : $\bar{1}\bar{3}0$], die an der Seite *Z* liegenden in der Zone [001:$\bar{1}$30] und die an der Seite *V* liegenden in der am Klinochlor bisher noch nicht beobachteten Zone [001 : 150]. Für die letztere berechnet sich nämlich der ebene Winkel *V*:*X* zu 109° 6′.

Wenn eine Platte, wie dies gewöhnlich geschieht, auf beiden Seiten geätzt wurde, so sieht man bei der mikroskopischen Beobachtung auf der oberen Fläche die Ätzfigur in der einen Lage und nach dem Verschieben des Tubus eine gleiche Figur in der um 180° verschiedenen Lage. Beide Figuren erscheinen jetzt gleichsinnig, beide sind z. B. rechts. In beistehender Fig. *r* ist die Erscheinung auf der Gegenfläche punktirt angegeben. An dünnen Lamellen entsteht die Vertiefung auf der Gegenfläche sehr oft genau unterhalb einer oberen Ätzgrube, wodurch wiederum angedeutet wird, dass die Ätzfiguren sich an den

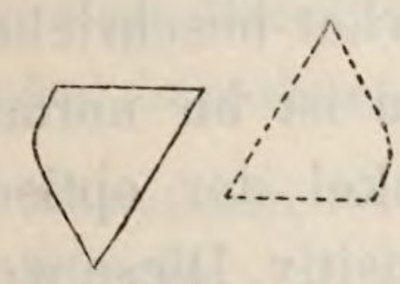


Fig. *r*.

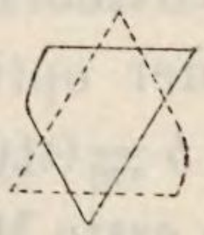


Fig. *s*.

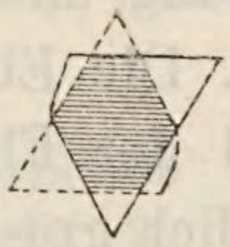


Fig. *t*.

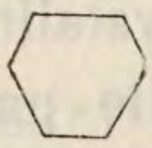


Fig. *u*.

schon vorhandenen Lücken und Canälen der Krystalle bilden. In solchen Fällen sieht man die in Fig. *s* dargestellte Erscheinung. An diesen Punkten wird aber das dünne Plättchen öfter auch von der Säure durchfressen und es entsteht ein sechsseitiges Loch, wie in Fig. *t*. Man erhält solche sechsseitige Vertiefungen auch an dickeren Lamellen, doch ist in solchem Falle meistens leicht zu erkennen, dass die Säure nicht bloss die Oberfläche geätzt hat, sondern auch in die Tiefe gedrungen ist. Solche Gruben und Canäle zeigten sich am häufigsten nach der Ätzung der kleinen Krystalle aus dem Zillerthale, an welchen das Eindringen der Säure von der Seite her zwischen die aus dem Zusammenhange gebrachten feinen Lamellen constatirt werden konnte. Die Kryställchen erscheinen nach dem Ätzen an den Rändern silberweiss. Daselbst haben sich unzählige feine Canäle gebildet, welche beiläufig senkrecht gegen die Linien des Umrisses gestellt sind und der ganze Krystall ist zerblättert.

Zuweilen erscheinen die Ätzfiguren etwas modificirt, wie in Fig. *u*. Die Spitzen der Figur sind abgestumpft. Man kann dies nach dem Vergleiche mit der Fig. *s* durch das Eindringen der Säure in die Tiefe und gleichzeitige Ätzung von oben und von unten her erklären oder aber, weil solche Figuren öfter schaarenweise auftreten, durch das Vorhandensein einer Zwillingslamelle nach dem Gesetze: Die Zwillingsebene ist 001.

Ist nämlich die obere Lamelle durchgeätzt und trifft jetzt die Säure auf eine Lamelle in der Zwillingsstellung, so wird jetzt die Ätzung mit der Tendenz, eine Figur in der um 180° verwendeten Stellung zu erzeugen, stattfinden. Bisweilen, aber selten, entstehen auch monosymmetrische Ätzfiguren, wie eine solche in Fig. *v* dargestellt ist. Von diesen wird später noch die Rede sein.

Fig. *v*.

Die optische Untersuchung führte an dem Klinochlor dieses Typus zu vollständigeren Ergebnissen, weil die Krystalle oft ganz frei von Zwillingsbildung sind. Im Allgemeinen zeigte sich Übereinstimmung mit dem Klinochlor des vorher beschriebenen Krystalltypus. Die Ebene der optischen Axen ist im normalen Falle parallel der Fläche $b = 010$. Der Winkel der optischen Axen ist ziemlich gross, die erste Mittellinie positiv. Diese weicht von der Normalen zu *c* merklich ab und ist bei der hier gewählten Aufstellung der Krystalle oberhalb nach vorn geneigt. Wenn bei der mikroskopischen Beobachtung zuerst der Krystall betrachtet und hierauf nach Einschaltung des Nicols und des Condensors die Interferenzfigur erzeugt wird, so projicirt sich dieselbe auf die Platten von Westchester in der Weise, wie es die Fig. 44 angibt, und auf die Platten vom Zillerthale wie in in der Fig. 45. Wenn von dem Bilde der einen optischen Axe *B* der erste Ring vollständig im Gesichtsfelde erscheint, sieht man von dem der anderen höchstens einen kleinen Theil des ersten Ringes. Die bildliche Darstellung wurde sehr augenfällig ausgeführt, um anderen Beobachtern Zweifel und Irrungen zu ersparen. Vergl. auch Fig. 4 auf Taf. I.

Die Abweichung der Mittellinie c von der Normalen zur Spaltebene lässt sich nicht mit aller Genauigkeit bestimmen, weil die Platten von Westchester nicht vollkommen eben und die Krystalle aus dem Zillerthale nicht genug homogen sind, indem letztere aus Schichten von verschiedener Brechbarkeit aufgebaut sind. Die erhaltenen Werthe sind daher bloss annähernde. Die Lage der optischen Axen gegen den Umriss des Krystalles ist in Fig. 46 dargestellt. Die Mittel aus je drei Bestimmungen bei Anwendung einer Gasflamme sind für

| | | | |
|---|---|---|---|
| Westchester ..... | $Ac = 59°\ 21'$ | $cB = 30°\ 20'$ | $AB = 89°\ 41'$ |
| Zillerthal ..... | $54\ \ 30$ | $28\ \ 30$ | $83\ \ 0$ |

Die beiden optischen Axen treten also, wie schon Blake bemerkte, unter verschiedenen Winkeln aus, jedoch lässt sich aus den vorstehenden Zahlen allein die Lage der ersten Mittellinie noch nicht bestimmen. Dies kann erst dann geschehen, wenn die entsprechenden inneren Winkel oder wahren Winkel berechnet sind.

An derselben Platte von Westchester wurden die Brechungsquotienten für Schwingungen parallel der Elasticitätsaxe $\mathfrak{b}$ mittelst des Totalreflectometers bestimmt und bei Anwendung der Gasflamme $\beta = 1{\cdot}583$ gefunden. Für den Klinochlor aus dem Zillerthale darf dieselbe Zahl angenommen werden, wonach die inneren Winkel berechnet wurden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Für Westchester ..... | $A'c = 32°\ 55'$ | $cB' = 18°\ 36'$ | $A'B' = 51°\ 31'$ |
| Für Zillerthal ..... | $31\ \ 0$ | $17\ \ 30$ | $48\ \ 30$ |

Hieraus ergeben sich für die Abweichung der Mittellinie c von der Normalen zu $a$ und zur Spaltebene $c$ die Zahlen:

| | | |
|---|---|---|
| Für Westchester ..... | $ac = 82°\ 30'$ | $cc = 7°\ 10'$ |
| Für Zillerthal ..... | $82\ \ 55$ | $6\ \ 45$ |

In der Fig. 46 ist die hieraus folgende Orientirung der optischen Axen und Mittellinien in der Ebene 010 angegeben.

Um die Lage der Mittellinien direct zu bestimmen, verwendete ich eine zu 010 parallele Platte, welche von der Firma Dr. Steeg und Reuter auf meine Bitte aus diesem sehr ungünstigen Material tadellos geschnitten worden war. Bei der orthoskopischen Bestimmung ergab sich $cc = 7°\ 12'$, übereinstimmend mit der vorigen Berechnung.

Die bisherigen Angaben für $cc$ mit 12—15° sind demnach keineswegs richtig. Dieselben sind wohl aus den scheinbaren Winkeln entnommen.

Die optischen Axen zeigen eine sehr verschiedene Dispersion. Die Axe $B$ gibt ein Bild ähnlich wie beim Glimmer und man erhält für Roth und Blau in Luft einen Unterschied von ungefähr $1°\ 30'$, die sehr schief austretende Axe $A$ bietet hingegen an der Hyperbel breite Farbensäume und am ersten Ring eine ungewöhnliche Farbenverschiebung dar, so dass ein Unterschied von $5°\ 40'$ abgelesen wurde. Dies rührt aber nicht bloss daher, dass diese Axe schief austritt, sondern dieselbe hat in der That eine

stärkere Dispersion und es ist demnach die Mittellinie c merklich dispergirt. An einer Platte von Westchester wurden folgende Zahlen erhalten:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rothes Glas ..... | $Ac$ = | 58° | 5′ | $cB$ = | 29° | 40′ | $AB$ = | 87° 45′ | $\beta$ = 1·580 |
| Cuprammon ..... | | 63 | 45 | | 31 | 9 | | 94 54 | 1·593 |

Daraus ergeben sich die wahren Winkel:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Roth ..... | $A'c$ = | 32° | 30′ | $cB'$ = | 18° | 15′ | $A'B'$ = | 50° 45′ | |
| Blau ..... | | 34 | 16 | | 18 | 57 | | 53 13 | |

und die Abweichung der Mittellinie von der Normalen auf $c$ und $a$:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Roth ..... | $ac$ = | 82° | 32′ | $cc$ = | 7° | 8′ |
| Blau ..... | | 82 | 0 | | 7 | 40 |

Demnach ist die Mittellinie c für blau stärker nach vorn geneigt als jene für roth.

Der Winkel der optischen Axen ist übrigens, wie schon die früheren Beobachtungen angeben, variabel. An Exemplaren von Westchester erhielt ich als scheinbaren Winkel $AB$ 85° bis 92°, an Krystallen aus dem Zillerthal 77° bis 85° bei Anwendung der Gasflamme.

Die angegebene optische Orientirung ist den meisten Krystallen beider Fundorte eigen, jedoch werden auch Abweichungen von der Regel beobachtet. Unter den Tafeln aus Pennsylvanien zeigen einzelne die Ebene der optischen Axen in einer anderen Lage, und zwar um 90° oder um 30° verschieden von der früher genannten, indem die Axenebene einer Seite der dreiseitigen Platten parallel ist. In diesen Fällen ist aber die erste Mittellinie, soviel ich es bestimmen konnte, senkrecht zur Spaltebene und der Axenwinkel ist im Durchschnitte merklich kleiner, ungefähr 50° bis 60°. Die Dispersion der Axen ist von gleicher Art, nämlich $\rho < \upsilon$. An vielen Tafeln bemerkte ich Stellen der gewöhnlichen und dieser abnormen Orientirung mit unregelmässiger Begrenzung neben einander. Die Fig. 47 zeigt die um 90° verschiedene Orientirung in den Endigungen eines Krystalles an, die Fig. 48 deutet die gewöhnliche und um 30° verschiedene Orientirung in einer Platte an. Während also im gewöhnlichen Falle die Ebene der optischen Axen parallel $b$ ist und die erste

Mittellinie schief gegen die Spaltebene *c* gerichtet ist, erscheint in dem abnormen Falle die Axenebene senkrecht zu *b* und die erste Mittellinie senkrecht zu *c*. Dass die Axenebene auch um 30° von der gewöhnlichen Lage abweichend gefunden wird, ist wohl der in diesen Krystallen öfter beobachteten Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze zuzuschreiben.

Alle Platten, welche mir die abnorme Orientirung zeigten, geben im parallelen polarisirten Lichte eine unvollständige undulöse Auslöschung und haben oft einen deutlichen Perlmutterglanz. Ich erhielt solche Platten immer nur von der Endigung der Krystalle, welche im Serpentin vorkommen, während die Platten aus dem Inneren der Krystalle mir immer die gewöhnliche Lage der optischen Axen zeigten.

Durch Ätzung solcher abnormen Platten mit Flusssäure wurden Figuren erhalten, welche sich ebenfalls von den vorher beschriebenen unterscheiden. Dieselben sind nämlich zumeist regelmässig sechsseitig wie beim Pennin, wenn auch mit manchen Verzerrungen. Bloss an den Stellen, welche deutlich die normale optische Orientirung ergaben, wurden die beschriebenen asymmetrischen Figuren beobachtet.

Die abnorme Orientirung, nach welcher die Axenebene parallel einer Seite in den dreiseitigen Platten von Westchester zu liegen kommt, wurde zuerst von Descloizeaux beobachtet, jedoch für die normale Orientirung parallel *b* gehalten, weil dieser Beobachter die Platten von *b* und *m* begrenzt glaubte[1] und demnach Blake's richtige Angabe für ungenügend hielt. Vor der Entdeckung der Schlagfiguren durch Reusch und Bauer war eben die Orientirung noch unsicher.

Auch an den Krystallen aus dem Zillerthale wurde eine Anomalie beobachtet, welche freilich auch an manchen anderen Vorkommen beobachtet wird. Wie schon früher bemerkt wurde, zeigen sich die Zillerthaler Krystalle bei der genaueren Prüfung aus Schichten von verschiedenem optischen Verhalten aufgebaut. Diese Schichten haben verschieden grosse Axenwinkel und an den äussersten Schichten bemerkt man auch öfter verschiedene Farben. Die einen sind smaragdgrün, die anderen meergrün.

---

[1] Manuel de Minéralogie, I, p. 444.

Von dieser Farbenvertheilung unabhängig treten zuweilen etwas dickere Schichten auf, die bei der Untersuchung der Platten zwischen gekreuzten Nicols in jedem Azimuth dunkel bleiben und bei der konoskopischen Prüfung optisch einaxig erscheinen, mit positiver Doppelbrechung, wie in dem lauchgrünen, mimetischen Klinochlor aus dem Zillerthale. Diese Schichten sind von der Umgebung meist nicht scharf abgegrenzt, sondern mit dieser durch allmählige Übergänge verbunden. Fig. 49 stellt einen solchen Krystall dar, wie derselbe zwischen gekreuzten Nicols erscheint, wofern deren Hauptschnitte mit der Symmetrieebene des Klinochlors circa 45° bilden.

Aber nicht nur einzelne Schichten oder Theile dieser Klinochlorkrystalle sind einaxig. In den Drusen der beschriebenen Krystalle findet sich hie und da ein Krystall, welcher in der Form und Farbe keinen Unterschied gegenüber den anderen erkennen lässt, jedoch in allen Theilen optisch einaxig erscheint.

Mimetischer Klinochlor. Unter den Chloriten, welche mit der Fundortangabe Zillerthal und Pfitscherjoch in den Handel kommen, sind auch Drusen tafelförmiger Krystalle, welche sich von dem früher beschriebenen Klinochlor durch die Farbe, welche aus dem Smaragdgrünen ins Lauchgrüne übergeht und durch die vollkommen rhomboëdrische Krystallform unterscheiden. Sie zeigen öfter die am Pennin bekannten Zwillinge nach dem Gesetze: *c* die Zwillingsebene, liefern auf der Endfläche solche Ätzfiguren, welche einer rhomboëdrischen Form entsprechen und sind optisch einaxig bis deutlich zweiaxig. Ich rechne diesen Chlorit zum Pennin,[1] mit dem er, der Analyse des Herrn Hofrathes Ludwig zufolge, aufs genaueste übereinstimmt.

Diese Krystalle bilden Drusen, die auf einem mittelkörnigen Diorit oder auf einer dichten, weisslichen Feldspathmasse oder auf Penninschiefer sitzen. Die beiden letzteren hängen jedoch mit dem Diorit zusammen. Die Krystalle sind öfter von borstenförmigem, gelblichem Diopsid, von Magnetitkrystallen in Rhombendodekaëdern, die treppenartige Flächen zeigen, endlich auch zuweilen von kleinen klaren Apatitkrystallen begleitet.

---

[1] Siehe mein Lehrbuch der Mineralogie, 3. Aufl., S. 512.

Diejenigen Krystalle, welche scheinbar einfache sind, haben die Form dicker Tafeln, wie in Fig. 52, oder von dünnen Tafeln, wie in Fig. 53. Erstere machen den Eindruck einer Combination der Endfläche mit einem positiven Rhomboëder, welches treppenartige, und mit einem negativen Rhomboëder, welches glatte Flächen darbietet.

Die oft vorkommenden Zwillinge nach $c = (001)$ haben die Form dicker, dreiseitiger Tafeln, mit Abstumpfung der Ecken, wie in Fig. 50 und 51. In diesen beiden Bildern ist ausnahmsweise der untere Einzelkrystall in der normalen, d. i. in jener Stellung gezeichnet, welche die früher angeführten Bilder angeben. Andere Zwillingskrystalle entsprechen den dünnen sechsseitigen Tafeln, wie Fig. 54 und es kommen endlich auch Wiederholungszwillinge vor, in welchen die Stellungen der aufeinanderfolgenden Blättchen abwechseln, wie in Fig. 55.

An zweien dieser Zwillingskrystalle (Fig. 50 und 51) konnten Messungen angestellt werden, was infolge der Flächenbeschaffenheit nur selten möglich ist. Diese gaben:

| | Berechnet | Beobachtet |
|---|---|---|
| $c : \pi = 001 : 708$ ..... | 74° 3' | 74° 8' |
| $\pi : \underline{\pi} = 780 : \underline{\bar{7}08}$ ..... | 31 54 | 32 0 |
| $c : j = 001 : \bar{3}\bar{1}.0.30$ ..... | 76 32 | 76 30 |
| $j : \underline{j} = \bar{3}\bar{1}.0.30 : \underline{\bar{3}\bar{1}.0.30}$ ..... | 26 56 | 27 0 |

Sowohl an den einfachen Krystallen, als an den Zwillingen wurden ausser diesen Flächen auch noch mehrere andere gefunden, welche sich als $g$, $\xi$, $v$, $\psi$, $q$, $\sigma$, $\ddot{\imath}$ deuten lassen. Es ist jedoch nicht möglich, diese Flächen zu orientiren, denn es tritt hier in vollem Maasse derjenige Fall ein, welcher bei der Besprechung der vorbeschriebenen einfachen Krystalle aus dem Zillerthale als möglich erkannt wurde: In jeder der drei Zonen mit glatten Flächen treten Reflexe auf, die Flächen aus einer um 120° verschiedenen Zone entsprechen, so zwar, dass man in allen drei Zonen identische Winkel erhält, wie dies einem rhomboëdrischen Krystalle zukommt.

Wie sich Flächen aus verschiedenen Zonen zusammenfinden, zeigt folgendes Beispiel von Beobachtungen in derselben Zone, welches die Neigungen zu $c$ anführt:

| | Berechnet | Beobachtet |
|---|---|---|
| $\psi = 8.24.17$ | 74° 46′ | 74° 44′ |
| $v = 132$ | 75 37 | 75 30 |
| $\ddot{\imath} = \overline{32}.0.33$ | 75 40 | 75 36 |
| $\xi = 11.\overline{33}.20$ | 76 52 | 77 0 |
| $\sigma = \bar{6}05$ | 78 23 | 78 30 |
| $g = 261$ | 86 12 | 86 7 |

An mehreren Krystallen mit vollkommen rhomboëdrischer Ausbildung wurden die Flächen mit den Neigungen von $\pi$, $j$, $\sigma$, $\gamma$ je dreimal, und zwar in den um 120° verschiedenen Zonen beobachtet, so dass bei geometrischer Auffassung der Form eine Combination von vier Rhomboëdern gleicher Stellung anzunehmen wäre. Alle diese Krystalle zeigten aber das später noch zu besprechende optische Verhalten, nach welchem die daraus erhaltenen Spaltflächen zum Theile fast einaxig, zum Theile aber optisch zweiaxig mit verschieden grossem Axenwinkel und der Dispersion des Klinochlors erkannt, ferner mehrmals die optischen Axen gleichzeitig in drei um 120° verschiedenen Lagen beobachtet wurden, so dass in den letzteren Fällen der Aufbau der Krystalle aus Zwillingslamellen, welche nach dem Glimmer gesetze verbunden sind, nachgewiesen war. Die rhomboëdrische Form ist demnach als eine mimetische zu betrachten.

Während die bisher genannten Flächen, welche negativen Rhomboëdern entsprechen, glatt erscheinen, sind in den Räumen der positiven Rhomboëder meistens nur die treppenartigen Wiederholungen von $c$ und den Gegenflächen der vorigen wahrzunehmen Öfter aber zeigen sich auch in den letzteren Räumen deutliche Reflexe und bisweilen ebene Flächen, welche positiven Rhomboëdern entsprechen würden. Es scheint aber, dass man es hier nur mit Flächen zu thun habe, welche durch die Aufschichtung von Zwillingslamellen gemäss dem Penningesetze in eine um 180° verschiedene Zone gebracht wurden. Ich beobachtete wiederholt die Neigung von 77° in einem Zonenstück, welches als $[001 : \bar{1}30]$ aufzufassen war. Ich vermuthe aber, dass dies nicht eine neue Fläche, sondern vielmehr die Fläche $\xi = 11.\overline{33}.20$ sei, welche um 180° versetzt ist. In der Zone $[001 : 100]$ fand ich eine gut ausgebildete Fläche mit der Neigung von 55°. Diese führt auf $x = 4.0.11$ berechnet 54° 53′, welche Fläche an dem Ziller-

thaler Klinochlor nicht beobachtet, hingegen an jenem von Achmatowsk von Kokscharow bestimmt wurde. Dennoch bleibt es unter den gegebenen Umständen fraglich, ob hier $x$ anzunehmen sei.

Da sich durch das Zusammenwirken des Glimmergesetzes und des Penningesetzes dieselbe Fläche in alle Positionen des negativen und des positiven Rhomboëders übertragen kann, so ist damit die Möglichkeit gegeben, dass an derlei Krystallen Messungen erhalten werden, welche auf eine hexagonale Pyramide führen, und dass auch das optische Verhalten keinen Widerspruch ergäbe, da, wie gesagt, die Mehrzahl dieser Krystalle optisch einaxig erscheint.

An manchen Krystallen werden ausser den steilen Flächen, wie $\ddot{\imath}$, $\sigma$ und $\psi$, $g$ auch solche angetroffen, welche in denselben Zonen liegen, aber eine viel geringere Neigung zu $c$ ergeben. Sie treten in grosser Zahl auf und bilden krummflächige Complexe, die sich kaum entwirren lassen. In einer Zone, welche ich als [001 : 130] auffasste, erhielt ich an einem Krystalle Reflexe von 39° bis zu 12° und in der als [001 : $\bar{1}$01] angenommenen Zone Reflexe von 49—29°. In der letzteren konnte eine Fläche mit der Neigung von 39° 55′ schärfer bestimmt werden. Dieselbe würde der Lage von $\bar{4}.0.19 = l$ entsprechen, für welche sich 39° 51′ berechnen. An demselben Krystalle (Fig. 52) ist die Fläche $c$ durch drei Vicinalflächen ersetzt, welche zu einander unter 0° 33′ geneigt sind. Dies entspricht einer Neigung zu $c$ von 0° 19′.

Etwas verschieden von den vorbeschriebenen Krystallen sind solche, welche die Form von sechsseitigen Tafeln zeigen und ungefähr so aussehen, als ob sie die Combination eines ungemein flachen, negativen Rhomboëders mit der Endfläche und und dem verwendeten Prisma darstellten (Fig. 53). Die Seitenflächen sind matt. In der Prismenzone fand ich reflectirende Streifen, welche eine Neigung zu $c$ von 86° ergaben. Sie würden der Hemipyramide $\bar{3}31$ entsprechen, welche 86° 6′ fordert. Auch die Fläche $q = \bar{1}\bar{1}.0.4$ wurde bisweilen als zarte Abstumpfung der Kante, welche die vorigen Flächen bilden, mit der Neigung von 85° (berechnet 85° 4′) gefunden. Die Seitenflächen der Klinoprismenzone waren zu wenig eben, um eine nur annähernde Messung zu gestatten. Die Flächen, welche dem negativen Rhom-

boëder entsprechen, wiederholen sich in mehreren Treppen und sind gekrümmt, so dass keine Bestimmung ausgeführt werden konnte. Die Endflächen sind, von der dreiseitigen Riefung abgesehen, glatt und glänzend.

Die zugehörigen Zwillingskrystalle nach dem Penningesetze sind öfter mit einer sehr dünnen sechsseitigen Tafel verbunden, welche die mittlere Schichte des Zwillings in unverhältnissmässiger Ausdehnung darstellt und gleichsam die Zwillingsebene verkörpert (Fig. 54). Öfter wiederholt sich die Zwillingsbildung, wovon Fig. 55 ein Beispiel gibt, welche einen Wiederholungszwilling von oben gesehen darstellt.

Alle hier angeführten mimetischen Krystalle verhalten sich beim Ätzen gleich. Sie liefern auf *c* und den Spaltflächen parallel dieser Ebene regelmässige sechsseitige Vertiefungen, deren Seiten den Seiten des gleichseitigen Dreieckes parallel sind, welches die Fläche *c* darstellt; oder aber die Ätzfiguren erscheinen wie ein gleichseitiges Dreieck mit gleichförmig abgestutzten Ecken, und die Stellung dieses Dreieckes ist dieselbe wie jene der Figur der Endfläche *c* (Fig. 66). Untergeordnet finden sich aber auch Ätzfiguren, welche monosymmetrisch oder asymmetrisch sind und dieselben Umrisse zeigen, welche bei den früher beschriebenen Arten von Klinochlor angegeben wurden.

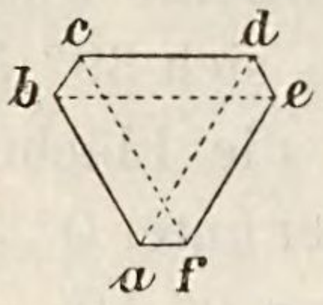


Fig. *w*.

Die herrschenden Formen der Ätzfiguren entsprechen der auf krystallographischem und optischem Wege wahrgenommenen, vielfach wiederholten Zwillingsbildung. Wenn die Krystalle aus ungemein dünnen Blättchen aufgeschichtet sind, welche nach dem Glimmergesetze in drei um 120° wechselnden Stellungen aufeinander folgen, so wird beim Durchbrechen dieser Schichten eine combinirte Ätzfigur *abcdef* entstehen, welche den Umriss eines gleichseitigen Dreieckes mit abgestutzten Ecken darbietet. Dieselbe vereinigt die drei ursprünglichen Ätzfiguren *abcd*, ferner *cdef* und *efab*. Wenn ausser dem Glimmergesetze auch das Penningesetz verwirklicht ist, so dass gleichzeitig dünne Blättchen in den um 180° verschiedenen Stellungen aufeinanderfolgen, so wird statt der vorigen trisymmetrischen Ätzfigur eine hexasymmetrische also eine regelmässig sechsseitige Figur entstehen. Das unter-

geordnete Vorkommen asymmetrischer und monosymmetrischer Ätzfiguren zeigt, dass stellenweise auch etwas dickere Schichten vorkommen, welche frei von der Zwillingsbildung nach den vorher genannten Gesetzen erscheinen.

Die Schlagfigur verhält sich wie beim Klinochlor überhaupt. Die Schlagstrahlen sind senkrecht gegen die Seiten der Endfläche *c* gerichtet (Fig. 56).

Die Farbe dieses Chlorits nähert sich öfter der des Pennins, da dieselbe, wie erwähnt, an den meisten Exemplaren in das Lauchgrüne übergeht. Der Dichroismus ist im Übrigen von derselben Art wie in dem Klinochlor. Die Spaltblättchen, welche aus den Krystallen erhalten werden, sind optisch positiv und sehr häufig einaxig. Man erkennt ein etwas verwaschenes Kreuz auf grünem Grunde. Nicht selten öffnet sich das Kreuz etwas und es lässt sich constatiren, dass die Axenebene parallel einer Schlaglinie sei. Dies entspricht der normalen Orientirung des Klinochlors. Zuweilen beobachtet man jedoch auch die abnorme Orientirung: Die Axenebene ist senkrecht gegen eine Schlaglinie und parallel einer Seite von *c*. Bisweilen wird in einem und demselben Blättchen an verschiedenen Stellen derselben die Axenebene in den drei um 120° verschiedenen Stellungen wahrgenommen. Die Dispersion ist in allen Fällen wie beim Klinochlor $\rho > \upsilon$. Dickere Krystalle oder dickere Blättchen aus einem Krystalle benehmen sich öfters optisch einaxig, während dünne Blättchen aus demselben Krystalle optisch zweiaxig erscheinen.

Obwohl in den meisten zweiaxigen Blättchen die Öffnung des Kreuzes nur gering, also der Axenwinkel klein ist, ergeben sich doch auch bisweilen Blättchen mit grösserem Axenwinkel, deutlicher Dispersion und merklicher Abweichung der ersten Mittellinie von der Normalen zu *c*. Das Maximum des scheinbaren Winkels beobachtete ich zu 42° an einer schönen Tafel, welche auch die Neigung der ersten Mittellinie gegen die Endfläche zu bestimmen erlaubte:

$$Ac = 26°, \quad cB = 16°, \quad AB = 42°.$$

Wenn der am Klinochlor von Westchester bestimmte Brechungsquotient $\beta = 1 \cdot 583$ auch hier benutzt wird, so werden erhalten:

$$A'c = 16°, \quad cB' = 10°, \quad A'B' = 26°$$

und die Abweichung der Mittellinie:

$$cc = 3°.$$

Die vorstehenden Beobachtungen, welche ein Schwanken des Axenwinkels von 42—0° ergeben, sind wohl mit den Wahrnehmungen bezüglich des Zwillingsbaues in Zusammenhang zu bringen. Der hier beschriebene Chlorit ist durchwegs als ursprünglich zweiaxig anzunehmen. Die dünnsten Schichten, aus welchen die Krystalle aufgebaut sind, wären demnach alle optisch zweiaxig, mit ziemlich bedeutendem Axenwinkel.

Durch den Aufbau der Krystalle aus Schichten, welche in drei und öfters auch in sechs verschiedenen, bestimmten Stellungen über einander zu liegen kommen, wird aber die Erscheinung optisch einaxiger Körper hervorgerufen, wie in dem zuerst von Reusch ausgeführten schönen Versuche mit den gekreuzten Glimmerblättchen. Das Schwanken der Grösse des Axenwinkels kann zum Theile durch isomorphe Mischung von Bestandtheilen verschiedener optischer Beschaffenheit herrühren, doch ergibt der Vergleich des hier und an dem normalen Zillerthaler Klinochlor Beobachteten, dass die Verkleinerung des Axenwinkels und die Einaxigkeit vorzugsweise durch den feinen Zwillingsbau zu erklären seien. In jenem Klinochlor werden Krystalle gefunden, welche an Stellen, die von den übrigen weiter nicht unterschieden sind, optisch einaxig erscheinen. In dem jetzt beschriebenen Chlorit ist dieses Verhalten das herrschende.

Derselbe gleicht in krystallographischer und chemischer Hinsicht dem Pennin, die Krystalle verhalten sich auch vorwiegend wie der optisch positive Pennin, öfter aber erscheinen sie deutlich aus Blättchen von den Eigenschaften des Klinochlors aufgebaut.

### Kotschubeyit.

Die Krystalle dieser Chloritart, welche ich untersuchte, stehen bezüglich der Form und der Zwillingsbildung dem mimetischen Kiinochlor aus dem Zillerthale sehr nahe. Von dem russischen Kotschubeyit standen mir zwei Exemplare zu Gebote,

wovon das eine, welches eine abgelöste Druse ohne weitere Begleitung darstellt, von Herrn v. Kotschubey herrührt und der Sammlung Sr. Excellenz des Freiherrn v. Braun entnommen ist. Die zweite Stufe, welche im Handel bezogen wurde, ist eine auf Chromit sitzende Druse. Die Krystalle beider Drusen stimmen in allen wesentlichen Punkten überein. Einige zeigen Formen wie in Fig. 28, indem die Endfläche *c* als gleichseitiges Dreieck oder Sechseck ausgebildet ist und von den anstossenden Flächen drei abwechselnde glatter sind als die übrigen drei. Andere Krystalle zeigen die Endfläche *c* gar nicht und haben eine in Fig. 57 dargestellte rhomboëdrische Form, woran die kleineren Flächen wiederum glatter sind als die übrigen. Einige Krystalle, welche keine sehr complicirte Zwillingsbildung darboten und deutlich zweiaxig waren, liessen sich optisch orientiren, und an diesen wurden die Flächen *r*, *j* und $\psi$ in richtiger Lage beobachtet.

| | Berechnet | Beobachtet |
|---|---|---|
| $r = \bar{5}06$ | 73° 23′ | 73° 20′ |
| $j = \overline{31}.0.30$ | 76 32 | 76 30 |
| $\psi = 8.24.17$ | 74 46 | 74 48 |

Andere Krystalle, welche sich optisch positiv einaxig verhielten oder eine verwickelte Zwillingsbildung erkennen liessen, erlaubten keine Orientirung der beobachteten Flächen. Es ergaben sich gut messbare Flächen mit 73° 20′ und 76° 30′, welche also auf *r* und *j* deuten, in einer von der vorher genannten um 180° verschiedenen Stellung. Eine Fläche, welche Winkel zwischen 68° und 69° lieferte, fand sich in drei um je 60° abstehenden Zonen. Diese Wahrnehmungen erklären sich durch die Zwillingsbildung, welche an dem mimetischen Klinochlor beobachtet wurde. Sowohl in den Zonen der glatteren Flächen, als auch in den übrigen Zonen liegen viele schmale Flächen von geringerer Neigung. So zum Beispiel wurden die Winkel von 51°, 44°, 37°, wiederholt erhalten. Die feine Riefung und Krümmung der Flächen erlaubte keine weiteren, genaueren Messungen.

Blättchen, welche aus den beschriebenen Krystallen genommen wurden, erwiesen sich nur selten an allen Stellen positiv zweiaxig mit der Orientirung der Axenebene parallel einer Schlaglinie, also parallel 010 und einem Axenwinkel, der im Maximum

36° ergab, häufig aber an einigen Stellen positiv einaxig, an anderen zweiaxig mit der Dispersion $\rho < \upsilon$. An vielen Punkten ist eine Überlagerung der Blättchen in Zwillingsstellung zu bemerken. Manche Krystalle verhalten sich durchaus einaxig.

Hiernach ist der Kotschubeyit ähnlich dem mimetischen Klinochlor, die rothe Farbe macht den Unterschied. Bei der dichroskopischen Untersuchung ergab sich für Schwingungen parallel der Fläche $c$ eine dunkel blauviolette, für solche senkrecht zu $c$ eine hell carminrothe Farbe.

Bezüglich der Schlagfigur und der Ätzfiguren gilt dasselbe wie bei dem mimetischen Klinochlor. Man erhält meistens regelmässig sechsseitige Ätzfiguren oder sechsseitige mit abwechselnd längeren Seiten, letztere mit derselben Orientirung wie in Fig. 56. Die asymmetrischen und monosymmetrischen Figuren treten selten auf.

In der letzten Zeit hat v. Kokscharow Messungen an drei Krystallen des russischen Kotschubeyits ausgeführt[1] und versucht, die Resultate auf die Form des Klinochlors zu beziehen. Derselbe fand sowohl Krystalle von dem in Fig. 52 dargestellten Typus, als auch solche mit Flächen in den Zwischenzonen, hielt aber die Form für eine solche, die ich als Typus Achmatowsk bezeichnete, weil ihm die optische Orientirung mangelte. Es ist aber leicht einzusehen, dass hier durch bloss annähernd genaue Messungen eine richtige Orientirung der Krystallform nicht erreichbar ist, weil Flächen von annähernd gleicher Lage in verschiedenen Zonen wiederkehren. So zum Beispiel sind die Flächen mit ungefähr 66° Neigung zu $c$ zur Orientirung nicht brauchbar, denn man kennt $w = (267)$ mit 65° 56′, $m = (112)$ mit 66° 3′ und $k = (011)$ mit 66° 17′, während Kokscharow beiläufig 66°, 66° 10′, 66° 15′, 67° erhielt. Ähnlich verhält es sich mit anderen Flächen, welche beiläufig 71° 25′ und 72° 15′ ergaben, weil hier $t = (034)$ mit 71° 46′, die Fläche $\overline{11}.0.15$ mit 71° 14′, ferner $z = (405)$ mit 72° 7′, $\varepsilon = (\bar{2}65)$ mit 72° 34′ in Betracht kommen.

Ausserdem ist aber noch die hier herrschende Zwillingsbildung zu berücksichtigen, welche die bloss krystallographische

---

[1] Materialien zur Mineralogie Russlands, Bd. 10, S. 48.

Orientirung vereitelt. Wie man aus dem Vergleiche der Fig. 7 bei Kokscharow mit meiner Fig. 28, welche beide im Umrisse übereinstimmen, erkennt, ist bei diesem Krystalle die von Kokscharow angenommene Orientirung entweder um 30°, oder um 90°, oder um 150° von der durch optische Beobachtungen sicher gestellten verschieden. Bezüglich der übrigen beiden von Kokscharow gemessenen Krystalle lässt sich noch weniger angeben. Die von demselben mit $\gamma$, $\pi$ und $\beta$ bezeichneten, als neu angegebenen Flächen lassen sich nicht deuten und ich kann aus dem Vergleiche mit meinen Beobachtungen bloss entnehmen, dass die erstere Fläche wahrscheinlich die Lage $\bar{5}08$ habe, während für die beiden anderen höchstens versuchsweise eine Orientirung vorgenommen werden kann.

| | Berechnet | Beobachtet | |
|---|---|---|---|
| $\bar{5}08$ | 68° 7' | 68° 6' | (gut) Kok. |
| 4.12.7 | 77 20 | 77 20 | (ungefähr) |
| $\bar{9}$.0.8 | 77 37 | 77 40 | (ungefähr) |

Über die physikalischen Eigenschaften von Spaltblättchen des russischen Kotschubeyits machte R. Prendel eine Mittheilung.[1] Er fand dieselben positiv zweiaxig, mit einem Axenwinkel von circa 28—29° und $\rho < \upsilon$. Die Ebene der optischen Axen wird abweichend von meiner Wahrnehmung senkrecht gegen eine der Schlaglinien angegeben.

Ein Mineral von Texas, Pennsylvania, rechnet v. Kokscharow ebenfalls zum Kotschubeit, weil es in der Farbe mit diesem übereinstimmt und weil sich daran Winkel ergaben, welche, so wie jene am russischen Koutschubeyit erhaltenen, dem Klinochlor entsprechen. Dieses Mineral ist bisher von Cooke, Dana u. A. als Kämmererit bezeichnet worden. Nun ist der Kämmererit von Texas nach den Beobachtungen von Cooke[2] optisch positiv und es finden sich nach meinen Beobachtungen bisweilen Krystalle, welche deutlich zweiaxig sind. Die Flächen, welche daran beobachtet wurden, entsprechen auch dem Klinochlor.

Somit stimmt ein Theil des Kämmererits von Texas wirklich mit dem Kotschubeyit überein. Dennoch wäre es überflüssig,

---

[1] Zeitschrift für Krystallographie, Bd. 15, S. 81.

[2] American Journal of Science, [2], Bd. 44, S. 202.

eine Trennung zwischen dem optisch einaxigen und dem optisch zweiaxigen Kämmererit von Texas vorzunehmen, da beide in einander übergehen, gerade so wie der positive, optisch einaxige Pennin in den positiven, optisch zweiaxigen Klinochlor.

Kokscharow bestimmte in der Zone 100 : 001 einige Winkel, die schon von Cooke gemessen waren, sowie mehrere andere. Ausser *c*, *y*, *i*, *z*, *x* wurden noch zwei Flächen gefunden, die eine zwischen *c* und *y* mit einem Winkel zu *c* von 50° 49′, die andere zwischen *z* und *f* mit 77° 20′. Die Orientirung der ersteren Fläche scheint ziemlich sicher zu sein, doch lässt sich bei dem Mangel optischer Beobachtungen hierüber keine Gewissheit erlangen.

| | Berechnet | Beobachtet | | |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{4}.0.13$ | 50° 43′ | 50° 53′ | Cooke | 50° 49′ Kok. |
| 807 | 77 11 | — | | 77 20 „ |

Kokscharow fand Zwillingsbildungen nach dem Glimmergesetze und dem Penningesetze und hielt letztere Beobachtung für neu, doch hat schon Cooke, allerdings bei rhomboëdrischer Auffassung des Kämmererits, die Zwillingsbildung nach *c* beschrieben und den einspringenden Winkel gemessen.

Einige Krystalle des Kämmererits von Texas, welche mir zu Gebote standen, zeigten Formen wie der mimetische Klinochlor, mit welchem sie auch in Bezug auf die Ätzfiguren, die Lage der Schlagfiguren und der Ebene der optischen Axen parallel einer Schlaglinie übereinstimmten. Der Winkel der optischen Axen betrug ungefähr 20°. Die Doppelbrechung ist positiv und $\rho < \upsilon$. Manche Krystalle erschienen als zwölfseitige Säulchen, die von treppenartigen Seitenflächen eingeschlossen sind, ähnlich wie dies beim Klinochlor von Ala und beim Korundophilit bemerkt wurde. In derlei Krystallen fand ich regelmässig aussen eine dicke Rinde von Kämmererit, innen aber einen grünen Kern, der sich optisch positiv und nahezu einaxig erwies und der dreiseitige oder sechsseitige Querschnitte lieferte, ähnlich wie dies in Fig. 15*a* und 15*b* dargestellt ist. Die Rinde von Kämmererit war jedoch in derselben Schichte frei von Zwillingsbildung und zweiaxig.

## Pennin.

Diese Chloritart ist zuerst im Binnenthal, später am Findelengletscher bei Zermatt gefunden, sodann von Fröbel und Schweizer unter diesem Namen von den anderen Chloriten unterschieden worden. Dasselbe Mineral hat man auch am Fusse des Simplon, bei Ala in Piemont und im Zillerthale[1] beobachtet. Im Ganzen ist der Pennin viel seltener als der Klinochlor.

Die Krystalle des Pennins haben gewöhnlich eine Form, welche wie die Combination eines steilen Rhomboëders mit der Endfläche aussieht, jedoch kommen auch solche Krystalle vor, welche das steile Rhomboëder für sich darstellen und öfter zeigen sich Zwillingsbildungen nach dem Penningesetze: Zwillingsebene die Endfläche *c*. Dicktafelige Krystalle finden sich bei Zermatt und im Zillerthale. Bisweilen werden sechsseitige Pyramiden beobachtet. Die Angabe dünner Tafeln dürfte sich auf den mimetischen Klinochlor beziehen.

Die steilen Rhomboëder des Pennins haben dieselbe Form, welche schon am Klinochlor aus dem Zillerthale angegeben, dort aber als eine Combination des monoklinen Systems erkannt wurde. Die zuweilen am Pennin vorkommenden Formen sechsseitiger Pyramiden mit treppenartigen Flächen entstehen durch gleichzeitige Ausbildung der schon am mimetischen Klinochlor mit einem positiven und einem negativen Rhomboëder verglichenen Flächencomplexe. Zu bemerken ist, dass nach meinen Beobachtungen am Pennin jener Ausdruckweise zu Folge bloss negative Rhomboëder selbstständig vorkommen, positive Rhomboëder fehlen.

Krystallmessungen liessen sich nur an wenigen Exemplaren von Zermatt ausführen, welche ausnahmsweise glatte Flächen darboten, während an den meisten Exemplaren die Seitenflächen matt oder doch so stark gerieft und getreppt erscheinen, dass keine brauchbaren goniometrischen Resultate zu erhalten sind. An vielen der grösseren scharf ausgebildeten Krystalle gaben die Messungen mit dem Anlegegoniometer für die Neigung der

---

[1] Als Fundort wird bald das Zillerthal, bald das Pfitschthal angegeben. Die Fundstätten der Chlorite liegen im Grünschiefer des Höhenzuges, welcher beide Thalgebiete trennt.

Seitenfläche zur Endfläche 76°, welchem Werthe sich auch die früheren beiläufigen Resultate nähern. Da bei der Messung der kleinen glänzenden Krystalle niemals ein einfaches Rhomboëder nachgewiesen wurde, vielmehr am selben Krystalle immer viele Flächen gefunden wurden, so gibt dieser Winkel an, welche der beobachteten Flächen an den grossen Krystallen als die herrschende zu betrachten ist. Es ist die später mit *i* bezeichnete Fläche mit der berechneten Neigung von 76° 5′.

An manchen Krystallen bilden die gerieften Seitenflächen ein steileres Rhomboëder. Derlei Krystalle sehen viel spitzer aus als die früher genannten. An mehreren konnte ich die Neigung der Endfläche zu einer Seitenfläche beiläufig zu 85° bestimmen. Dies gäbe, wenn die vorher mit *i* bezeichneten Flächen als ein Rhomboëder *R* aufgefasst werden, ein steileres 3*R*, für welches jene Neigung sich mit 85° 17′ berechnet (Fig. 60).

Bei der Messung der kleinen Krystalle im Reflexionsgoniometer fand ich niemals ein Rhomboëder vollständig ausgebildet. Im günstigsten Falle waren am selben Krystalle vier Flächen *i* scharf nachweisbar und ausser diesen traten mehrere andere Flächen von ähnlicher oder verschiedener Lage so auf, dass die Vertheilung der genau bestimmbaren gleichen Flächen immer als eine unregelmässige erschien. Eine Darstellung des an glänzenden Flächen reichsten Krystalles gibt Fig. 58.

Bei der Messung wurden am Pennin ebenso wie an den früher genannten Chloriten statt des einheitlichen Reflexes verzerrte Bilder und ganze Lichtstreifen wahrgenommen, in welchen günstigen Falles bei Anwendung des Websky'schen Spaltes einzelne Lichtbilder sich schärfer heraushoben. Ausnahmsweise wurden vollkommene Reflexe erhalten, deren Ergebniss im Folgenden als gute Messung „g.“ bezeichnet ist. In einem Falle musste ich mich mit dem Mittel mehrerer weniger guten Messungen „M.“ und in mehreren Fällen mit einzelnen annähernden Messungen „ca.“ begnügen. Für die Beobachtung dienten 6 Krystalle, welche drei verschiedenen Stufen von Zermatt entnommen waren. Im Folgenden ist zuerst das Endresultat der Messung, welches die Neigung der beobachteten Fläche zu *c* angibt, hierauf die Charakteristik des Resultates, ferner in mehreren Fällen die Angabe der erhaltenen Grenzwerthe aufgeführt. Dann folgt die

Zahl der gemessenen Flächen und zuletzt wird in römischer Ziffer angegeben, wie vielmal im günstigsten Falle am selben Krystalle die Fläche auftrat. Einige Resultate, welche mir zu wenig sicher schienen, sind hier weggelassen.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 59° | 30' | ca. | — | — | 2 | I |
| 66 | 30 | ca. | — | — | 2 | I |
| 74 | 44 | g. | 74° 29' | 50' | 5 | II |
| 75 | 34 | g. | 75 12 | 34 | 3 | I |
| 76 | 5 | g. | 76 1 | 10 | 5 | IV |
| 76 | 30 | M. | 76 27 | 35 | 4 | II |
| 77 | 0 | ca. | 77 0 | 4 | 2 | II |
| 77 | 35 | g. | — | — | 2 | I |
| 78 | 18 | g. | — | — | 1 | I |
| 78 | 40 | g. | 78 33 | 41 | 3 | II |
| 83 | 12 | ca. | — | — | 1 | I |
| 85 | 0 | ca. | — | — | 2 | I |
| 87 | 40 | g. | 87 20 | 40 | 3 | II |
| 88 | 56 | g. | — | — | 1 | I |

Ausserdem konnte der Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Flächen *i* an zwei Kanten desselben Krystalles bestimmt werden. Dieselben entsprechen den Seitenkanten eines Rhomboëders. Der berechnete Winkel folgt aus dem vorher angegebenen Werthe der Neigung zur Endfläche.

| | Beobachtet | Berechnet |
|---|---|---|
| $i : i$ ..... | 65° 32' g. | 65° 35' |
| | 65 37 g. | 65 35 |

Die Zwillingskrystalle, welche oft in deutlich ausgebildeter Form gefunden werden, befolgen, wie bekannt, das Gesetz Zwillingsebene die Basis *c*. An mehreren Exemplaren, welche die Flächen *i* an beiden Individuen mit Sicherheit erkennen liessen, konnte die Zwillingsbildung durch Messung des Winkels $i : i$ in der Zone *ci* von 28° controlirt werden (berechnet 27° 50′), jedoch liessen sich, da vollkommen reflectirende Flächen an der Zwillingsgrenze mangelten, genauere Messungen in keinem Falle ausführen. An den Zwillingen der genannten Art wurden auch andere Flächen, welche später mit $\sigma$ und $q$ bezeichnet werden, wahrgenommen (siehe Fig. 59).

Die vorher angeführten, am Pennin von Zermatt beobachteten Winkel stimmen vollkommen mit solchen überein, welche am Klinochlor beobachtet wurden oder mit solchen, die sich aus einfachen Zahlen der Indices für Klinochlor berechnen, wofern man die Flächen aus den drei am Zillerthaler Klinochlor ausgebildeten Zonen in Vergleich zieht. Am Pennin kommen jedoch in derselben Zone Flächen zusammen vor, welche am Klinochlor an drei verschiedene Zonen gebunden sind, jedoch ist diese Erscheinung nicht blos dem Pennin eigen, sondern sie tritt auch an dem mimetischen Klinochlor aus dem Zillerthal auf. In der folgenden Aufzählung sind die Buchstabensignaturen und die Flächenbezeichnungen, welche beim Klinochlor angewendet wurden, wieder benützt. Mit * sind einige Winkel bezeichnet, welche am Klinochlor beobachtet, jedoch nicht mit Sicherheit bestimmt, daher früher nicht angeführt wurden.

| | | Klinochlor berechnet | Klinochlor beobachtet | Pennin beobachtet |
|---|---|---|---|---|
| | 3.9.14 | 59° 16' | — | 59° 30' |
| | $\bar{4}07$ | 66 22 | — | 66 30 |
| $\psi =$ | 8.24.17 | 74 43 | 74° 44' | 74 44 |
| $v =$ | 132 | 75 37 | 75 38 | 75 34 |
| $i =$ | $\bar{1}01$ | 76 5 | 76 10 | 76 5 |
| $j =$ | $\overline{31}.0.30$ | 76 31 | 76 33 | 76 30 |
| $\xi =$ | $11.\overline{33}.20$ | 76 54 | 76 50 | 77 0 |
| $\varsigma =$ | $\bar{9}08$ | 77 37 | 77 30 ca. * | 77 35 |
| $\sigma =$ | $\bar{6}05$ | 78 23 | 78 28 | 78 18 |
| | $\overline{11}.0.9$ | 78 46 | — | 78 40 |
| | $\bar{2}01$ | 83 7 | 83 9 ca. * | 83 12 |
| $q =$ | $\overline{11}.0.4$ | 85 10 | 85 5 | 85 0 |
| | $\overline{11}.0.2$ | 87 42 | 87 30 ca. * | 87 40 |
| | $\overline{10}.0.1$ | 88 53 | — | 88 56 |

Dieser Vergleich lässt erkennen, dass der Pennin von Zermatt sich krystallographisch so verhält, wie der mimetische Klinochlor aus dem Zillerthal. Hier wie dort rhomboëdrische Formen, hier wie dort Übereinstimmung mit den Winkeln des Klinochlors, hier wie dort die Vereinigung solcher Flächen in einer Zone, welche an einfachen Klinochlorkrystallen drei verschiedenen Zonen angehören. Der einzige Unterschied besteht darin, dass am Pennin die Fläche *i* häufig auftritt, während dieselbe an dem mimetischen

Klinochlor nicht oft wahrgenommen wurde. Da nun das Mineral von Zermatt als das typische Vorkommen von Pennin zu betrachten ist, so dürfte der Schluss erlaubt sein, dass der Pennin überhaupt in krystallographischer Beziehung sich so verhält, wie der mimetische Klinochlor.

Wollte man die Form des Pennins wie bisher als eine rhomboëdrische betrachten, so würde als Grundform jenes Rhomboëder anzunehmen sein, dessen Flächen am häufigsten auftreten und oft herrschend sind, also das Rhomboëder *i*. In diesem Falle *A* erhält man für die übrigen Rhomboëder mitunter ziemlich hohe Zahlen als Indices. Wird hingegen in entsprechender Weise, wie dies vorher bei dem Klinochlor für die Annahme rechtwinkeliger Axen versucht wurde, als Grundform ein Rhomboëder gewählt, dessen Flächen mit der Endfläche *c* einen Winkel von 80° 16′ bilden, *B*, so ergeben sich einfachere Zahlen für die Indices, wie aus Folgendem ersichtlich:

| | *A*, berechnet | | *B*, berechnet | | Pennin beobachtet | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $5.0.\bar{5}.12 = 59°\ 16'$ | | $20\bar{2}7 = 59°\ 1'$ | | 59° 30′ | ca. | |
| | $4.0.\bar{4}.7 = 66\ 34$ | | $20\bar{2}5 = 66\ 47$ | | 66 30 | ca. | |
| $\psi$ ... | $9.0.\bar{9}.10 = 74\ 37$ | | $50\bar{5}8 = 74\ 39$ | | 74 44 | | |
| *v*.... | $26.0.\overline{26}.27 = 75\ 34$ | | $20\bar{2}3 = 75\ 34$ | | 75 34 | | |
| *i*.... | $1.0.\bar{1}.1 = 76\ 5$ | | $9.0.\bar{9}.13 = 76\ 5$ | | 76 5 | | |
| *j*.... | $31.0.\overline{31}.30 = 76\ 31$ | | $50\bar{5}7 = 76\ 30$ | | 76 30 | | |
| $\xi$.... | $33.0.\overline{33}.31 = 76\ 54$ | | $8.0.\bar{8}.11 = 76\ 44$ | | 77 0 | ca. | |
| $\varsigma$.... | $9.0.\bar{9}.8 = 77\ 35$ | | $70\bar{7}9 = 77\ 34$ | | 77 35 | | |
| | $6.0.\bar{6}.5 = 78\ 20$ | | $50\bar{5}6 = 78\ 22$ | | 78 18 | | |
| $\sigma$.... | $5.0.\bar{5}.4 = 78\ 47$ | | $60\bar{6}7 = 78\ 41$ | | 78 0 | | |
| | $21.0.\overline{21}.4 = 83\ 16$ | | $70\bar{7}5 = 83\ 1$ | | 83 12 | | |
| *q*.... | $17.0.\overline{17}.6 = 85\ 0$ | | $20\bar{2}1 = 85\ 6$ | | 85 0 | ca. | |
| | $6.0.\bar{6}.1 = 87\ 38$ | | $40\bar{4}1 = 87\ 33$ | | 87 40 | | |
| | $13.0.\overline{13}.1 = 88\ 54$ | | $90\bar{9}1 = 88\ 54$ | | 88 56 | | |

Die früheren Messungen an dem Pennin von Zermatt stimmen, soweit dieselben genauere Beobachtungen sind, mit den von mir erhaltenen Resultaten überein. Descloizeaux mass an glänzenden Krystallen von Zermatt und von Ala die Neigung einer Seitenfläche zur Endfläche und erhielt 76° 10—20′, während meine Messungen für *i* den Winkel von 76° 5′ liefern. G. Rose gibt als Mittel mehrerer Messungen 75°45′ an, woraus zu schliessen

ist, dass die beiden Flächen *v* und *i* beobachtet und die Ergebnisse vereinigt wurden, da der Winkel $vc = 75° 34'$, der Winkel $ic = 76° 5'$ ist und der Werth 75° 45′ zwischen beiden liegt. Eine frühere beiläufige Messung ergab Descloizeaux für die Polkante des Rhomboëders 116° 45′, woraus die Neigung einer Fläche zu *c* sich mit 79° 29′ berechnet. Ein hieher gehöriger Winkel, nämlich 79° 10—20′, wurde von mir auch erhalten, jedoch nicht zu den sicher bestimmten gerechnet. Auf Klinochlor bezogen würde diese Fläche das Zeichen $\bar{6}05$ erhalten (berechnet 79° 34′) und bei rhomboëdrischer Auffassung ergäben sich der letzten Aufzählung entsprechend unter *A:* $40\bar{4}3$, berechnet 79° 28′ unter *B:* $12.0.\overline{12}.13$, berechnet 79° 28′. Auch die beiläufige Messung Kenngott's, welcher eine Polkante zu 115° 30′ bestimmte, würde auf eine von mir beobachtete Fläche führen, da sich daraus die Neigung zu *c* mit 77° 34′ berechnet, was der von mir gefundenen Zahl 77° 35′ entspräche, doch ist diese Übereinstimmung wohl nur eine zufällige.

Der Pennin ist der zäheste unter den Chloriten. Obwohl derselbe gleichfalls nach der Endfläche *c* vollkommen spaltbar ist, so gelingt es doch nur schwer, von einem grösseren Krystall eine Platte abzuspalten. Die Schlagfigur ist dieselbe wie beim Klinochlor. Die Schlaglinien liegen senkrecht gegen die Seiten der Fläche *c*, wie in Fig. 56.

Die Drucklinien sind schwer zu erhalten, sie halbiren die Winkel der vorigen. Natürliche Absonderungen in der Richtung der Schlaglinien, seltener in jener der Drucklinien, kommen an grösseren tafelförmigen Stücken bisweilen vor. Die Ätzfiguren sind von derselben Form und Orientirung wie an dem mimetischen Klinochlor (Fig. 56). Die Figuren sind regelmässig sechsseitig oder trisymmetrisch. Monosymmetrische oder asymmetrische Figuren treten selten auf.

Die Farbe der Penninkrystalle ist olivengrün, lauchgrün, auch graugrün. Die olivengrünen und graugrünen Krystalle geben für Schwingungen parallel zur Fläche *c* smaragdgrün oder ein unreines Smaragdgrün, senkrecht zu *c* bräunlichroth, braun oder gelb. Die lauchgrünen Krystalle geben blaugrün und gelb. Platten von Pennin erscheinen, wie schon Descloizeaux angab, einaxig bis deutlich zweiaxig, im Übrigen ist das Verhalten von

zweierlei Art. Die einen Krystalle sind positiv und zeigen im Falle der Zweiaxigkeit $\rho < \upsilon$, wie Klinochlor, die anderen sind negativ und zeigen in jenem Falle $\rho > \upsilon$. Der optische Charakter scheint nicht mit der Farbe zusammenzuhängen, obwohl unter den von mir geprüften Krystallen die positiven oft olivengrün, die negativen oft lauchgrün waren.

Unter den Krystallen von Zermatt gibt es viele von positivem Charakter. Die einaxigen Platten zeigen bisweilen ein scharfes, meist aber ein verwaschenes Kreuz auf grünem oder blauem Grunde. In vielen Fällen öffnet sich das Kreuz beim Drehen der Platte. Nicht selten ist der Axenwinkel grösser, das Maximum betrug in meinen Versuchen 61°. Die Hyperbeln sind dann breit und verschwommen. Die Ebene der optischen Axen ist gewöhnlich parallel einer Schlaglinie, zuweilen ist sie aber senkrecht zu einer solchen Richtung. In einigen Fällen wurden die optischen Axen in drei um 120° verschiedenen Lagen in derselben Platte wahrgenommen. Viele Platten verhalten sich hier einaxig, dort zweiaxig. Die Grenzen der sich verschieden verhaltenden Stellen sind häufig unbestimmt und es zeigen sich allenthalben Übergänge. Bisweilen aber ist die Grenze scharf, wie in einem Falle, da der Kern des Krystalles einaxig, die scharf abgegrenzte Rinde aber zweiaxig erschien, einen Axenwinkel von 36° gab und senkrecht zum Umrisse fein liniirt war. Die äussere Schichte war demnach Klinochlor. Die Ebene der optischen Axen desselben war parallel den Seiten und zeigte drei Stellungen, entsprechend der Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze. So wie der positive Pennin von Zermatt verhalten sich auch Krystalle aus dem Zillerthal, welche neben negativen Krystallen vorkommen.

Der optisch positive Pennin stimmt, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, mit dem mimetischen Klinochlor in optischer Beziehung genau überein und es ist kein Unterschied zu beobachten ausser diesem, dass das Axenbild im Pennin oft weniger scharf, also mehr verwaschen aussieht. Hier ist auch an die früher mitgetheilten Beobachtungen zu erinnern, welchen zu Folge auch unter den einfachen Krystallen des Klinochlors vom Zillerthal solche vorkommen, die einaxige Stellen zeigen und auch in Drusen mitten unter Krystallen von dem normalen Verhalten

einzelne gefunden werden, welche bei sonst gleicher Form in allen Theilen positiv einaxig sind. Somit lässt sich eine Grenze zwischen Klinochlor und dem positiven Pennin keineswegs erkennen.

Die Mehrzahl der Penninkrystalle von Zermatt ergab einen optisch negativen Charakter. Die einaxigen Platten zeigen ein breites verwaschenes Kreuz auf blauem Grunde. Nicht selten öffnet sich das Kreuz beim Drehen der Platte und es ergibt sich ein kleinerer oder grösserer Axenwinkel, der in meinen Beobachtungen im Maximum 49° erreichte. Im Axenwinkelapparat ist der Winkel nicht messbar, derselbe kann bloss an der Scala abgeschätzt werden. Eine Abweichung der ersten Mittellinie von der Normalen auf $c$ ist nicht wahrzunehmen. Die Dispersion der optischen Axen ist jener entgegengesetzt, welche am Klinochlor beobachtet wird, sie ist nämlich $\rho > \upsilon$. Die Ebene der optischen Axen ist wieder parallel einer Schlaglinie und normal zu einer Seite der Krystallplatte, manchmal aber auch senkrecht zu einer Schlaglinie und parallel einer Seite. Bisweilen wurden die optischen Axen in drei um 120° verschiedenen Lagen in derselben Platte beobachtet. Manche Platten sind stellenweise einaxig, an den übrigen Punkten zweiaxig, die Grenze ist aber unbestimmt und zeigt alle Übergänge. Dass aber auch Platten gefunden werden, in welchen positive und negative Stellen mit unbestimmter Grenze nebeneinander liegen, hat schon Descloizeaux mitgetheilt.[1]

Aus dem Zillerthal erhielt ich Stufen, welche grössere lauchgrüne Krystalle von negativem Pennin und kleine olivengrüne von positivem Pennin, beide von der spitz rhomboëdrischen Form, die grösseren zuweilen mit der Endfläche combinirt, alle von weissem körnigem Ankerit eingeschlossen darbieten. Von den kleinen positiven Krystallen wurde schon früher gesprochen. Die grossen negativen Krystalle verhalten sich optisch meist ebenso wie die negativen von Zermatt, manche jedoch geben ein scharfes Kreuz und den ersten Ring. An einer Stufe wurden unter den positiven Krystallen solche gefunden, welche eine äussere Schichte mit negativem Verhalten und scharfem Kreuz erkennen liessen.

---

[1] Manuel de minéralogie, I, p. 437.

Hier hat man also eine regelmässige Aufeinanderfolge von positivem und negativem Pennin in demselben Krystall.

Die Mehrzahl der Penninkrystalle gibt im convergenten Lichte bloss ein verwaschenes Kreuz mit breiten Armen und keinen Ring, was schon Heusser auffiel.[1] Zuweilen finden sich aber Platten, welche auch zwischen starken Linsen kaum ein Kreuz wahrnehmen lassen und bei der Prüfung des optischen Charakters ein zweifelhaftes Resultat ergeben, endlich solche, die gleichförmig dunkel bleiben. Descloizeaux fand manche Platten des Pennins von Ala gänzlich frei von Doppelbrechung. Im parallelen Lichte trat eine Textur hervor, die mit einem Netz von gedrehten und zusammengedrängten Fasern verglichen wurde. Ich fand eine feine, theils parallelfaserige, theils wirrfaserige Zeichnung auch in manchen Platten von Zermatt mit deutlicher Doppelbrechung.

Alle die ungewöhnlichen optischen Erscheinungen an Penninplatten, das verwaschene Kreuz, der Mangel an Interferenzringen, das farbige blaue oder grüne Mittelfeld, endlich das Fehlen der Doppelbrechung in manchen Exemplaren erklären sich durch eine innige Mischung von einer optisch positiven mit einer optisch negativen Substanz in demselben Krystalle, in der Weise wie beim Apophyllit.

## Kämmererit.

Die Formen des russischen Kämmererits wurden von Kokscharow beschrieben,[2] welcher die steilen, sechsseitigen Pyramiden mit stark gerieften Flächen als hexagonale Combinationen auffasste. Seither ist aber von Descloizeaux die Zusammengehörigkeit des Kämmererits und Pennins durch den Vergleich der chemischen Zusammensetzung und des physikalischen Verhaltens beider Chlorite hervorgehoben und bemerkt worden, dass auch die Formen beider als nur unwesentlich verschieden erscheinen. Die Krystalle des Kämmererits von Bissersk, welche mir vorliegen, gleichen in ihrer Form den früher besprochenen Penninkrystallen aus der Schweiz, welche spitze hexagonale Pyramiden nachahmen. Ich konnte aber an den stark

[1] Pogg. Ann., Bd. 99, 174.

[2] Verhandlungen der mineralog. Gesellschaft zu Petersburg, 1851.

gerieften Krystallen keine brauchbare Messung ausführen. Die von Kokscharow gemessenen Winkel kommen nicht in der Reihe der von mir am Pennin erhaltenen vor, jedoch liefern sie in Bezug anf Klinochlor und Pennin solche Indices, welche mit den dort ermittelten gut harmoniren, wofern man die Flächen versuchsweise wie folgt orientirt.

| Kämmererit Kokscharow | Klinochlor, berechnet | Pennin, berechnet für $Rc = 76°5'$ | Pennin, berechnet für $Rc = 80°16'$ |
|---|---|---|---|
| 70°52' ...61' | $\bar{8}.0.11 = 71°\ 5'$ | $50\bar{5}7 = 70°52'$ | $10\bar{1}2 = 71°\ 4'$ |
| 84 27 ...44 | $\bar{10}.0.7 = 84\ 33$ | $\bar{13}.0.13.5 = 84\ 33$ | $90\bar{9}5 = 84\ 33$ |
| 86 0 | $\bar{2}61 = 86\ 12$ | $\bar{15}.0.15.4 = 86\ 13$ | $50\bar{5}2 = 86\ 4$ |

Die von mir geprüften Krystalle sind negativ einaxig oder auch zweiaxig, mit kleinem Axenwinkel. Im Inneren der Krystalle zeigt sich ein Kern von sechsseitigem Querschnitt in paralleler Stellung. Derselbe ist mehr trübe und weniger gefärbt als die Hülle, verhält sich aber sonst gleich mit dieser.

Die Krystalle von Lancaster City in Texas haben häufig dieselben Formen wie der Pennin und zeigen öfter Zwillinge nach dem Penningesetze. Descloizeaux und Cooke[1] haben Messungen an Krystallen dieses Fundortes angestellt, ebenso Kokscharow, der, wie vorher mitgetheilt wurde, eines der Vorkommen als Kotschubeyit ansprach. Die vergleichbaren Winkel sind hier zusammengestellt.

| Cooke | Descl. | Koksch. | Klinochlor, berechnet | Pennin, berechnet $A$ |
|---|---|---|---|---|
| 50°53' | — | 50°49..73' | $\bar{5}.0.16 = 51°\ 9'$ | $4.0.\bar{4}.13 = 51°\ 9'$ |
| 58 6 | 58° 0' | 57 55 | $\bar{2}05 = 57\ 52$ | $20\bar{2}5 = 58\ 13$ |
| 76 5 ..19' | 76 15 | 76 7 | $\bar{1}01 = 76\ 5$ | $10\bar{1}1 = 76\ 5$ |

Der letzte Winkel ist wiederum derjenige, welcher am Pennin und am Klinochlor so häufig beobachtet wurde.

Dieser Kämmererit ist optisch positiv einaxig oder zweiaxig, mit kleinem oder grösserem Axenwinkel. Ich fand im Maximum 20°. Im letzteren Falle ist die Orientirung und Dispersion dieselbe wie in dem grünen Klinochlor von Texas. Die Farbe der Krystalle ist kermesinroth bis pfirsichblüthroth. Im durch-

[1] American Journal of Science. Bd. 44, p. 202.

fallenden Lichte erhielt Cooke für Schwingungen parallel zur Fläche *c* Violett und für solche senkrecht dazu Hyacinthroth. Descloizeaux beobachtete, dass manche Krystallplatten von einem Bande von grünem Klinochlor durchzogen sind, ferner dass öfter spitze Krystalle von Kämmererit den Kern eines Klinochlorkrystalles mit paralleler Orientirung der Flächen bilden. Beim Kotschubeyit habe ich angeführt, dass ich solche Krystalle beobachtete, die einen grünen einaxigen Kern, der als Pennin oder mimetischer Klinochlor zu bezeichnen ist, und eine gleichorientirte Hülle von rothem, zweiaxigem Kämmererit oder eigentlich Kotschubeyit zeigen. Dass eine Grenze zwischen dem optisch einaxigen Vorkommen (Kämmererit) und dem optisch zweiaxigen (Kotschubeyit) nicht festgestellt werden könne, wurde schon damals bemerkt.

Aus dem Angeführten ist ersichtlich, dass der Kämmererit von Bissersk dem negativen, jener von Texas dem positiven Pennin entspricht. Descloizeaux fand auch Platten, welche beide Arten enthalten, indem positive und negative Stellen neben einander beobachtet wurden.

Eine kleine Probe von Kämmererit aus dem Ilmengebirge lieferte Plättchen von kleinem Axenwinkel und positivem Charakter, welche sich auch im Übrigen so verhielten, wie der Kämmererit von Texas.

Die grössten Krystalle von Kämmererit finden sich im Talk eingeschlossen in Klüften des Chromits der Gulsen bei Kraubat in Steiermark.[1] Sie erreichen öfter 2 *cm* Länge, zeigen die gewöhnliche Penninform, ein steiles Rhomboëder mit der Endfläche combinirt, besitzen eine pfirsichblüthrothe Farbe, positiven Charakter, einen variablen Axenwinkel, der nach meinen Wahrnehmungen 33° erreichen kann. Das schwarze Kreuz erscheint auf blauem Grunde, die Ebene der optischen Axen ist einer Schlaglinie parallel und senkrecht zu einer Seitenkante. Das Verhalten ist also wiederum wesentlich dasselbe wie bei dem Kämmererit von Texas.

## Prochlorit.

Unter den hierher gehörigen Mineralen hat man bisher kein Vorkommen mit messbaren Krystallen gefunden. Die erkenn-

[1] Siehe meine Abhandlung in diesen Berichten, Bd. 53, S. 525.

baren Formen sind sechsseitige Säulchen oder sechsseitige Prismen mit der Endfläche. Die Seitenflächen erscheinen stark gerieft, wenig glänzend oder matt. Die Säulchen sind wurmartig gekrümmt und oft geknäuelt, in genau derselben Weise, wie man es an dem Klinochlor von Ala beobachtet. Die Gestalten, welche mit freiem Auge oder durch das Mikroskop wahrgenommen werden, sind überhaupt solche, welche auch an den früher besprochenen Chloriten vorkommen. Dass die Erklärung, nach welcher die gekrümmten und gewundenen Formen von einer mehrfachen Zwillingsbildung abzuleiten sind, auch für den Prochlorit gilt, ist schon beim Klinochlor bemerkt worden.

Bei der optischen Untersuchung fand Descloizeaux einen Prochlorit (Ripidolith) aus dem Dauphinée optisch einaxig, eine Probe von Traversella deutlich zweiaxig, beide negativ. An den übrigen Prochloriten vermochte dieser Forscher keine optischen Beobachtungen anzustellen. Gegenwärtig lässt sich durch die von Lasaulx und Bertrand angegebene Einrichtung des Mikroskopes an vielen Chloriten dieser Abtheilung eine genauere Bestimmung vornehmen.

Ich fand nur einen Prochlorit negativ, nämlich denjenigen aus dem Floitenthal in Tirol, der sich auch optisch einaxig erwies. Die wurmartig gekrümmten Säulchen geben für Schwingungen parallel der Fläche *c* tiefbraun, für solche senkrecht dazu braungelb. Die Spaltblättchen erscheinen aber im durchfallenden Lichte blaugrün, an den Rändern braun. Letzteres rührt wohl von einer Verwachsung mit Biotit oder mit einem eisenreicheren Prochlorit her. Der Kern der Säulchen würde für Schwingungen parallel *c* eine blaugrüne Farbe liefern.

Alle übrigen von mir geprüften Prochlorite erwiesen sich optisch positiv. Manche zeigen einen sehr kleinen Axenwinkel, wie der Prochlorit von Rauris im Pinzgau, von graugrüner Farbe und lockerkörniger Beschaffenheit, aus wurmförmig gekrümmten Säulchen bestehend, deren Axenbild beim Drehen des Präparates nur selten eine deutliche Öffnung des Kreuzes zeigt. Die Ebene der optischen Axen ist dann senkrecht gegen ein Seitenpaar der sechsseitigen Spaltblättchen. Das optische Verhalten ist auch im Übrigen dasselbe wie bei dem mimetischen Klinochlor aus dem Zillerthal. Andere Prochlorite zeigen einen grösseren Axenwinkel wie

der von Prägratten in Tirol, welcher kleine, wurmförmige, oft auf Adular sitzende, olivengrüne Säulchen bildet und stellenweise von Biotit begleitet wird. Der Axenwinkel ist über 30° und die erste Mittellinie weicht von der Normalen auf *c* merklich ab. Ebenso verhält sich der Prochlorit aus der Fusch im Pinzgau von olivengrüner Farbe, der lockerkörnige Textur zeigt und öfter Albitkrystalle einschliesst. Der Axenwinkel ist 23°, die Axenebene senkrecht zu einem Seitenpaar der Spaltblättchen, die erste Mittellinie von der Normalen zu *c* über 2° abweichend, die Dispersion $\rho < \upsilon$. Schwingungen parallel der Fläche *c* erscheinen gelblichgrün, solche senkrecht zu *c* bräunlich. Ein Prochlorit mit der Fundortangabe Slatoust, dessen schwarzgrüne, fächerförmig angeordnete Kryställchen von Muscovit begleitet werden, hat dieselbe Orientirung der optischen Axen, dieselbe Dispersion, jedoch einen etwas grösseren Axenwinkel und grössere Abweichung der ersten Mittellinie. Die letzteren Prochlorite verhalten sich also optisch wie der Klinochlor vom Zillerthal und wie der Korundophilit. Auch der Grochauit Websky's,[1] dessen sechsseitige Blättchen mit krummen Seitenflächen als sehr biegsam und weich beschrieben werden und an welchen ein Axenwinkel von 20—30° beobachtet, das Verhalten als wahrscheinlich positiv gefunden wurde, dürfte hier einzuschalten sein, da seine chemische Zusammensetzung einem Prochlorit entspricht. Einem anderen Krystalltypus gehört ein Prochlorit vom Gotthard an, der als erdiger Chlorit bezeichnet, ein graugrünes, aus Blättchen und kurzen Säulchen bestehendes Pulver darstellt. Er zeigt einen Axenwinkel von ungefähr 15°, die Axenebene parallel einer Seite der Blättchen und lässt Überlagerungszwillinge nach dem Glimmergesetze deutlich erkennen. Das Verhalten stimmt auch im Übrigen mit demjenigen des Klinochlors vom Typus Achmatowsk überein.

Aus diesen Beobachtungen darf man schliessen, dass die Prochlorite sich meist so verhalten, wie die früher beschriebenen Arten des Klinochlors und wie der Korundophilit, da in den physikalischen Eigenschaften in keiner Beziehung ein Unterschied bemerkt wurde. Die von mir geprüften Prochlorite

---

[1] Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft, Bd. 25, S. 394.

schliessen sich demnach in den äusseren Eigenschaften ebenso an den Klinochlor und den Korundophilit an, wie sie sich denselben in chemischer Hinsicht anreihen. Eine Abweichung ergibt sich in den Angaben eines optisch negativen Verhaltens und einer sehr geringen Doppelbrechung, welche nach den Beobachtungen von Michel Lévy und Lacroix manche Prochlorite zeigen. Dies bezieht sich aber, wie ich mich überzeugen konnte, nur auf einige Arten und wird seine Erklärung durch ähnliche Umstände finden, welche bei manchen Arten des Pennins, die sehr geringe Doppelbrechung darbieten, hervorgehoben wurden.

## Serpentin.

Bisher wurde angenommen, dass der Serpentin mit der Abtheilung der Chlorite nur Weniges gemein hat und derselbe steht in der That ausserhalb der besprochenen Reihe, denn er ist frei von Aluminium, während allen Chloriten ein wesentlicher Thonerdegehalt zukommt. Dennoch herrscht in chemischer Hinsicht eine bestimmte Beziehung zwischen dem Serpentin und der Hauptreihe der Chlorite, indem der Unterschied zwischen ersterem und dem Pennin ungefähr derselbe ist, wie zwischen diesem und dem Korundophilit oder zwischen Klinochlor und Amesit, so zwar, dass eine Reihe nach steigendem Aluminiumgehalt aufgestellt werden kann, welche mit dem Serpentin beginnt, in dem Pennin, Klinochlor, Korundophilit fortsetzt und mit dem Amesit endet. In diesem Sinne würde der Serpentin an die Spitze dieser Chloritreihe zu stehen kommen. Daraus ergibt sich die Frage, ob auch in physikalischer Beziehung eine Ähnlichkeit zwischen Serpentin und jenen Chloriten besteht, welche eine solche Reihenfolge rechtfertigt.

Wenn bloss dichte Chlorite bekannt wären, so wie die meisten Serpentine dicht erscheinen, so würde man keinen wesentlichen Unterschied finden. Der vollkommen dichte Serpentin und der Pseudophit, welcher als ein dichter Pennin gilt, sind zum Verwechseln ähnlich, der Serpentin mit feinschuppiger Textur ist dem Pennin und Klinochlor von demselben Gefüge sowohl äusserlich, als bezüglich des mikroskopischen Bildes oft ungemein ähnlich. Die mittlere Härte des Pennins und jene des reinen

Serpentins ergeben denselben Grad und im specifischen Gewichte zeigt sich nur ein sehr geringer Unterschied.

In dem dichten Serpentin werden bei der mikroskopischen Prüfung häufig Blättchen und Leistchen oder aber feine Fasern und parallelfaserige Schnüre (Chrysotil) wahrgenommen. Wenn der Chrysotil in der Form von dickeren Platten auftritt, macht er einen ganz anderen Eindruck als der dichte und der blätterige Serpentin. Durch meine Beobachtungen wurde ich aber zu der Ansicht geführt, dass man Jenen beistimmen muss, welche zwischen Serpentin und Chrysotil keinen anderen Unterschied machen, als zwischen dichtem Gyps und Fasergyps. Freilich sind die Fasern des Chrysotils von einer ausserordentlichen Dünne. In den alpinen Serpentinvorkommen vermochte ich öfter den Übergang vom dichten oder blätterigen Serpentin zu dem Faserserpentin oder Chrysotil zu verfolgen, besonders deutlich in dem Serpentin von der Fusch in Salzburg. In diesem erscheinen öfter Chrysotilschnüre, welche von der umgebenden Masse scharf gesondert sind, aber auch solche, die sich nicht scharf abgrenzen. Die schmalen Blättchen oder Leistchen, welche die Serpentinmasse vorzugsweise ausmachen, setzen aus dieser in jene Chrysotilschnüre fort und heben sich dort gar nicht von jenen Nachbarn ab, welche sich nicht über die Breite der Schnüre hinaus erstrecken und welche theils haarförmig, theils ebenfalls leistenförmig aussehen. Die Leistchen der Serpentinmasse und die Fasern und Leistchen der Chrysotilschnüre verhalten sich hier optisch ganz gleich und beide sind optisch negativ. In diesem Serpentin und auch in mehreren anderen, welche leistenförmige Serpentinkryställchen enthalten, lässt sich der Übergang von der Leistenform zur Haar- und Faserform beobachten.

Die Blättchen und Leistchen des Serpentins verhalten sich optisch wie einheitliche Krystalle, die nach der grössten Fläche vollkommene Spaltbarkeit wahrnehmen lassen. Sie sind schwach doppelbrechend und optisch zweiaxig. Die Axe der grössten Elasticität ist senkrecht zur Spaltebene, die Axe der kleinsten Elasticität parallel der Längserstreckung. Die optischen Axen bilden um die Axe der kleinsten Elasticität einen spitzen Winkel, doch schwankt dessen Grösse ungemein, nach meinen Beobachtungen zwischen 16° und 98° (in Luft). Die Dispersion ist immer

$\rho > \upsilon$. Demnach sind die Blättchen und Leistchen optisch negativ. Diese Beobachtungen stimmen mit den Angaben von Michel Lévy und Lacroix bezüglich des Antigorits überein. In diesem blätterigen Mineral, welches gleich dem Thonschiefer in Lamellen zerfällt, scheinen die Serpentinblättchen grösstentheils krystallographisch parallel angeordnet zu sein.

Die Krystalle der blätterigen Serpentine verhalten sich demnach optisch genau so wie jene früher beschriebenen Penninkrystalle, welche optisch negativ zweiaxig bei variablem Axenwinkel und der Dispersion $\rho > \upsilon$ befunden wurden und an welche sich vollständige Übergänge zu dem optisch negativen, einaxigen Pennin anschliessen. In der Form sind die Serpentinkryställchen dem Pennin allerdings nicht gleich, denn die Serpentinblättchen zeigen keine bestimmten, regelmässigen Umrisse und die Leistchen lassen bloss zwei Seitenflächen scharf erkennen, doch ist zu berücksichtigen, dass nach den früher mitgetheilten Beobachtungen die Form des Pennins als eine mimetische zu betrachten ist und dass man die Form der Krystallelemente nicht genauer kennt. In manchen Penninkrystallen sieht man zwischen gekreuzten Nicols eine netzförmige Zeichnung, deren Elemente an die Serpentinleistchen erinnern.

Nach diesem Vergleiche darf man sagen, dass in Bezug auf das optische Verhalten und die Spaltbarkeit eine grosse Ähnlichkeit zwischen Serpentin und Pennin besteht und dass in physikalischer Beziehung ein Übergang von der einen Mineralgattung zur anderen leicht möglich sei.

In den blätterigen Serpentinen dürften Übergangsstufen zu finden sein. Hussak beobachtete in dem Serpentinschiefer von Sprechenstein bei Sterzing in Tirol als Hauptmasse des Gesteins ein chloritähnliches, blassgrünes Mineral, welches kleine, nach der Endfläche vollkommen spaltbare Blättchen darstellt und eine schwache Doppelbrechung besitzt. Dasselbe verhält sich optisch negativ, die kleinste Elasticitätsaxe ist senkrecht zur Spaltebene, der Axenwinkel klein, die Dispersion $\rho > \upsilon$. Nach der Trennung mittelst der Thoulet'schen Lösung ergab das reine Mineral bei der chemischen Analyse gegen $4\%$ Thonerde und im Ganzen eine Zusammensetzung, welche zwischen der des Serpentins und jener des Pennins steht. Ich habe die Kryställchen optisch geprüft

und die Angaben Hussak's bestätigt gefunden. Die Blättchen und Leistchen sind dicker als beim Serpentin, der negative Axenwinkel beträgt häufig nur etwa 20° ist aber öfter bedeutend grösser. Die Beobachtungen anderer Forscher, welche Übergänge von Serpentin zu Chlorit angeben, sind nicht verwendbar, weil die optische Analyse fehlt und die chemische Untersuchung an unreinem Materiale angestellt wurde.

Die faserigen Serpentine, wie Chrysotil, Metaxit, lassen erkennen, dass die kleinste Elasticitätsaxe senkrecht zur Längenerstreckung der Fasern, die grösste Elasticitätsaxe parallel zur Faserung, der negative Winkel der optischen Axen sehr gross sei. So weit sich ein faseriges Aggregat mit Krystallen vergleichen lässt, erscheint das Verhalten beider gleich. Der negative Winkel der optischen Axen ist jedoch im faserigen Serpentin grösser. Während manche Arten optisch negativ befunden werden, gaben andere in Schnitten senkrecht zur Faserung Axenbilder, verhielten sich also positiv, nämlich der Metaxit und Chrysotil von Reichenstein, ersterer nach Websky,[1] letzterer nach Reusch.[2] Möglicherweise hängt das Variiren des Axenwinkels mit dem Eisengehalte zusammen.

### Parallele Verwachsung von Chlorit und Biotit.

Einen hieher gehörigen Fall beobachtete schon G. Rose an einem Vorkommen von Magnet Cove in Arkansas.[3] Sechsseitige Tafeln von mehr als 3 *cm* Durchmesser zeigten einen lauchgrünen sechsseitigen Kern (Pennin), dessen Umrisse der äusseren Begrenzung der Tafeln parallel waren. Darauf folgte mit vollkommenem Parallelismus der Spaltebenen eine hellgelblichgrüne Schichte (Biotit), hierauf wiederum eine lauchgrüne, zuletzt eine gelblichgrüne Schichte, alle diese mit parallelen Umrissen. Beide verschiedenfarbigen Minerale zeigten im polarisirten Lichte das schwarze Kreuz deutlich. Da nun das lauchgrüne Mineral beim Erhitzen im Kölbchen viel Wasser lieferte und auch im Übrigen sich wie Pennin verhielt, so wurde dasselbe als Pennin ange-

---

1 Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft, X, S. 281.
2 Pogg. Ann., Bd. 127, S. 166.
3 Monatsberichte der Berliner Akademie d. Wiss. 1869, S. 339.

sprochen, das gelblichgrüne Mineral, welches im Kölbchen kein Wasser lieferte, als einaxiger Glimmer. Dana gibt bei Magnet Cove Klinochlor an. G. Rose's Beobachtungen liessen sich auch damit vereinigen, dass das lauchgrüne Mineral als ein Klinochlor von kleinem Axenwinkel angesehen würde. Dafür spricht das deutliche schwarze Kreuz. Bei der nahen Verwandtschaft von Pennin und Klinochlor ist jedoch die scharfe Unterscheidung hier von keiner Bedeutung.

Deutliche Verwachsungen von Klinochlor und Biotit konnte ich in drei Fällen beobachten. Eine Stufe von St. Marcel in Piemont zeigt auf einem hellgrünlichen Gemenge von Amphibol und Biotit neben gerieften Rhombendodekaëdern von Magnetit Krystalle von olivengrünem Klinochlor und solche von braunem Phlogopit. Der Klinochlor bildet kleine, dicke, sechsseitige oder zwölfseitige Tafeln, an welchen die Seitenflächen unter 83—86° zur Endfläche geneigt sind. Die Ebene der optischen Axen erscheint in den zwölfseitigen Tafeln senkrecht zu einem Paar der Seiten und ist immer parallel einer Schlaglinie. Der Winkel der optischen Axen beträgt ungefähr 40°. Die positive Mittellinie weicht von der Normalen zu *c* merklich ab. Die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze ist überall zu bemerken, und die Beobachtung im parallelen polarisirten Lichte zeigt, dass die ungemein schmalen Individuen nach geraden oder gekrümmten Linien verwachsen sind, welche vom Centrum ausgehen und den Schlaglinien beiläufig parallel sind. Die Biegsamkeit der Blättchen, das Verhalten in der Hitze stimmen mit dem Verhalten des Klinochlors überein. Der Phlogopit bietet eine ungewöhnliche Ausbildung der Krystalle dar, indem derselbe dicke Tafeln darstellt, an welchen das Längsflächenpaar (010) das herrschende ist, während die Endfläche 001 schmal und lang, die Pyramidenflächen undeutlich treppenartig erscheinen. Die Spaltblättchen sind demnach parallel der Längsfläche gestreckt. Dieselben sind elastisch, verhalten sich optisch negativ einaxig und lassen bloss an manchen Stellen eine deutliche Öffnung der Axen in einer zur Längsfläche parallelen Ebene wahrnehmen, welche zugleich parallel einer Schlaglinie ist. Durch Erhitzen werden die Blättchen trübe, liefern sehr wenig Wasser. In der Löthrohrflamme, welche zuerst gelb, dann röthlich gefärbt wird, schmelzen sie allmälig

zu einer hell gelblichgrauen, porzellanartigen Masse. An einigen der Klinochlorkrystalle ist schon äusserlich eine parallele Verwachsung mit Phlogopit erkennbar, indem die eigenthümlich geformten Krystalle des letzteren aus den Tafeln des Klinochlors in paralleler Stellung, wie Mauern aus einem breiten Unterbau, herausragen. Die Endflächen beider Minerale sind genau parallel. Meistens ist die Verwachsung erst in den Spaltblättchen des Klinochlors deutlich zu sehen. In den lauchgrünen Täfelchen des Klinochlors erscheinen langgestreckte, sechsseitige Blättchen von Phlogopit eingeschlossen, und zwar so, dass die Längsrichtung dieser letzteren drei um 120° verschiedene Lagen darbietet, welche den drei Schlaglinien des Klinochlors parallel sind. Dabei liegen die Spaltflächen beider Minerale in derselben Ebene. Demgemäss zeigen sich in den zwölfseitigen Täfelchen die Seiten der Phlogopitlamellen immer den abwechselnden Seiten der Klinochlortäfelchen parallel. Die Schlagfiguren haben in beiden Mineralen dieselbe Lage, auch die Ebenen der optischen Axen sind in beiden gleich situirt. Der Phlogopit und der Klinochlor sind also krystallographisch parallel verwachsen und beide bilden Drillinge nach dem Glimmergesetze.

In der Fig. 61 ist ein Fall der angegebenen Durchwachsung etwas schematisirt dargestellt. In vielen Spaltblättchen ist der Phlogopit weniger regelmässig, immer aber scharf begrenzt und in manchen Schichten waltet der Phlogopit vor, während er in den meisten Blättchen gegen den Klinochlor zurücktritt.

Ein anderes Beispiel der hier angeführten Verwachsung bietet ein Klinochlor von Kariaet in Grönland, welcher dicke sechsseitige Tafeln bildet, die bis 10 *cm* Durchmesser haben. Die Tafeln sind ziemlich durchsichtig, an den meisten Stellen dunkel smaragdgrün und liefern hier beim Zertheilen klare, biegsame Spaltblättchen von den Eigenschaften des Klinochlors. Am Rande sind die Tafeln braun gefärbt und hier von vielen feinen Trennungslinien, welche sowohl nach den Richtungen der Schlagfigur, als nach den Richtungen der Druckfigur verlaufen, durchsetzt. S. Fig. 62. Auch im Innern der Tafeln treten braune Streifen auf, die nach den Richtungen der Schlagfigur gestreckt sind und in verschiedenen Schichten der Tafeln verschieden vertheilt sind, endlich auch braune Flecken von unregelmässigen und verwasche-

nen Umrissen auf. Die Spaltblättchen, welche von den braunen Stellen genommen werden, sind elastisch und haben die Eigenschaften des Phlogopits.

Der Klinochlor ist an den vollkommen klaren Stellen der Tafeln optisch normal wie der Klinochlor von Westchester. Die Ebene der optischen Axen ist hier parallel einer Schlaglinie und senkrecht gegen ein Seitenpaar der Tafeln, der Axenwinkel ungefähr 85° und die positive Mittellinie von der Normalen zur Spaltfläche $c$ bedeutend abweichend, die Dispersion $\rho < \upsilon$. Genaue Messungen liessen sich wegen der Verdrückung der Tafeln, welche durch Falten und durch Absonderungen parallel den Schlag- und Drucklinien kenntlich ist, nicht anstellen. Die Interferenzfiguren, welche in drei um 120° verschiedenen Lagen wahrgenommen werden, geben die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze an. Im parallelen polarisirten Lichte sieht man ein ziemlich gleichförmiges Gewebe von Streifen und dreiseitigen Zwickeln, in welchen Stellen vollkommener und unvollkommener Auslöschung wechseln, so dass die Überlagerung der Individuen in den genannten drei Stellungen an den meisten Punkten erkennbar ist.

Der Phlogopit ist an den Stellen vollkommener Durchsichtigkeit rothbraun und optisch einaxig negativ. Die Schlagfigur ist parallel der des Klinochlors. Abgelöste Blättchen geben beim Erhitzen sehr wenig Wasser, färben die Löthrohrflamme stark gelb und schmelzen allmälig zu einer hellgrauen, porzellanartigen Masse.

Viele Stellen in dem braunen Phlogopit sind etwas heller gefärbt und geben bisweilen statt der scharfen Interferenzfigur des Phlogopits ein verwaschenes Kreuz mit breiten Balken ohne Farbenringe, häufiger geben sie eine zweiaxige Figur und einen Axenwinkel von 12—20° bei negativem Charakter. Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zu einer Schlaglinie, die Dispersion unmerklich. Diese Stellen verhalten sich demnach ähnlich wie der Anomit. Dort, wo am Rande der Tafeln, sowie an den verwaschenen Grenzen der braunen Streifen und Flecken das Braun allmälig in Grün übergeht, ergeben sich zweiaxige Interferenzfiguren und ein Axenwinkel von 20—37° bei positivem Charakter. Das Mittelfeld der Figur ist nicht farbig, sondern

grau, wie dies an combinirten zweiaxigen Interferenzfiguren oft wahrgenommen wird. Die positive Mittellinie ist anscheinend senkrecht zur Spaltebene *c*, die Ebene der optischen Axen hat die gleiche Lage wie in dem benachbarten reinen Klinochlor, nämlich parallel einer Schlaglinie. Die Dispersion lässt sich nur an einer Axe wahrnehmen und zwar an jener, welche die entsprechende Lage besitzt, wie die stärker dispergirte Axe *A* im Klinochlor. Man sieht an der concaven Aussenseite der Hyperbel blau, an der Innenseite gelb, was einer Dispersion $\rho > \upsilon$ entspricht, entgegengesetzt der des Klinochlors. An manchen der Übergangsstellen ergibt sich keine einheitliche Interferenzfigur, sondern ein gestörtes Bild, dasselbe, welches dann entsteht, wenn auf ein Blättchen des normalen Klinochlors ein Blättchen des reinen Phlogopits gelegt wird.

Wenn man die Stellen des reinen Phlogopits und die Übergänge im parallelen Lichte prüft, so zeigt sich im reinen Phlogopit vollkommene Auslöschung, während alle Übergangsstellen, die optisch zweiaxig befunden wurden, eine unvollkommene Auslöschung darbieten und gleichzeitig bemerkt man, dass das vorhin beschriebene Gewebe, welches durch die Zwillingsbildung veranlasst ist, von dem reinen Klinochlor aus in diese Übergänge sich ganz ungestört fortsetzt. Man kommt dadurch zu der Überzeugung, dass an den Stellen des Farbenüberganges eine Mischung von Phlogopit mit Klinochlor vorhanden sei und dass dort, wo keine gestörte, sondern eine einheitliche Interferenzfigur eintritt, diese Mischung eine ziemlich gleichförmige sein müsse, in der Weise, dass ungemein dünne Blättchen des einen und des andern Minerals mit einander wechseln.

Aus den vorstehenden Beobachtungen darf man wohl schliessen, dass im vorliegenden Falle durch eine parallele und gleichförmige Verwachsung des Klinochlors mit einer geringen Menge des Phlogopits der optische Charakter und die Lage der optischen Axen des Klinochlors nicht berührt, jedoch der Winkel der optischen Axen und die Abweichung der ersten Mittellinie von der Normalen zu *c* verringert, ausserdem die Dispersion so verändert wird, dass dieselbe an der *B*-Axe unmerklich, an der *A*-Axe aber in $\rho > \upsilon$ umgekehrt wird; ferner, dass bei einer stärkeren Beimengung von Phlogopit der optische Charakter

negativ wird, die Ebene der optischen Axen in die abnorme Lage senkrecht zu (010) gebracht wird, in welcher ein kleiner Axenwinkel und eine verschwindende Dispersion eintritt. Endlich scheint zu folgen, dass in dem negativen Phlogopit durch eine geringe Beimischung des positiven Klinochlors in paralleler Stellung die Doppelbrechung sich verringert, wodurch die verwaschene Figur des Kreuzes ohne Farbenring bedingt ist. Die beiden letzteren Erscheinungen erinnern an die Beobachtungen am Pennin, welcher als eine isomorphe Mischung eines zweiaxigen positiven mit einem einaxigen negativen Minerale anzusehen ist.

Eine Verwachsung von Pennin und Phlogopit bietet eine kleine Stufe, welche aus der ehemalig Henikstein'schen Sammlung herrührt. Der Zettel bezeichnet die Probe als Chlorit von Zermatt. Das Mineral erscheint braunschwarz, grosskörnig, die Körner sind nach einer Richtung vollkommen spaltbar. Zwischen denselben ist sparsam ein sehr feinkörniger, grüner Prochlorit und sehr wenig weisser, körniger Diopsid eingestreut. Stellenweise sind dem Mineral einzelne kleine, schwarze Turmalinkrystalle eingelagert. Die Spaltung der Körner geht viel leichter von statten als beim Pennin, die Zähigkeit ist viel geringer als bei diesem, jedoch ist die grössere Zahl der erhaltenen Blättchen ebenso biegsam wie beim Pennin. Einzelne Spaltblättchen sind jedoch elastisch und diese zeigen im durchfallenden Lichte eine rothbraune Farbe, geben im Konoskop ein scharfes, schwarzes Kreuz mit Farbenringen und lassen optisch negativen Charakter erkennen. Die Schmelzbarkeit zu trübem Glase bei starker Natrium- und Kaliumreaction der Löthrohrflamme und die sehr geringe Wasserabgabe beim Erhitzen führen zugleich mit den übrigen Eigenschaften zu der Bestimmung als Phlogopit. Manche der biegsamen Blättchen erscheinen aber im durchfallenden Lichte lauchgrün, liefern ein verwaschenes schwarzes Kreuz ohne Ringe, geben einen optisch negativen Charakter an und werden ausserdem durch eine merkliche Wasserabgabe beim Erhitzen und durch geringe Schmelzbarkeit als Pennin charakterisirt. Diese Beobachtungen ergeben, dass in den Körnern bisweilen Phlogopit und Pennin schichtenweise aufeinanderfolgen. Die grösseren Körner liefern aber Blättchen, welche eine andere Verwachsung der beiden Minerale zeigen. Die Mitte der Blättchen ist dunkel rothbraun

und liefert alle Merkmale des Phlogopits, die braune Farbe geht hierauf nach Aussen allmälig in Grün über, bis endlich am Rande der Blättchen die reine lauchgrüne Farbe und das Verhalten des Pennins eintritt. Bei der optischen Prüfung zeigt die Mitte des Blättchens das scharfe schwarze Kreuz mit Farbenringen, weiter gegen den Rand wird das Kreuz breiter, die Farbenringe vergrössern sich und verschwinden, und am Rande des Blättchens erscheint endlich die verwaschene Interferenzfigur des Pennins auf grünem Grunde. Demnach bestehen diese grösseren Körner in der Mitte aus Phlogopit, in den ferneren Schichten aus einer Mischung von Phlogopit und Pennin, während die äussere Schichte reiner Pennin ist.

Durch die vorstehenden Beobachtungen wird es wahrscheinlich gemacht, dass die im Pennin, besonders in jenem aus dem Zillerthal, öfter beobachteten Stellen mit starker Doppelbrechung Verwachsungen von Pennin mit Phlogopit sind und dass auch in den Prochloriten derlei Verwachsungen vorkommen. Der früher besprochene Prochlorit aus dem Floitenthal, dessen Säulchen innen lauchgrün erscheinen und sich daselbst wie Pennin verhalten, aussen aber eine braune Schichte wahrnehmen lassen, dürfte hieher gehören.

Tabergit. Dieser Chlorit ist vermöge seiner lauchgrünen Farbe und seiner Zähigkeit dem Pennin sehr ähnlich. Die Resultate der chemischen Analyse deuten aber darauf, dass dem Chlorit auch ein Glimmer beigemengt sei. Die von Descloizeaux beschriebenen Beobachtungen weisen allerdings bloss auf ein Gemenge von Klinochlor und Pennin. Dieser Forscher fand Platten mit positivem Charakter, von welchen manche einaxig, andere deutlich zweiaxig waren, endlich solche mit grossem Axenwinkel. Daneben ergaben sich aber auch Platten mit negativem Charakter und variablem Axenwinkel. Ich konnte diese Angaben bestätigen und eine neue Beobachtung hinzufügen. In der einen Stufe, die mir zur Verfügung stand, bildet der Tabergit platte, tiefgrüne Körner, welche mit Talk verwachsen sind. Die daraus erhaltenen Platten gleichen vollständig einem Klinochlor von kleinerem Axenwinkel. An der zweiten Stufe, welche das Material zur chemischen Analyse lieferte, sieht man grosse, bis 9 *cm* messende, lauchgrüne Tafeln von Tabergit mit blätterigem,

blassgrünem Talk und wenig Amianth Klüfte im körnigen Magnetit ausfüllen. Die aus den grossen Tafeln erhaltenen Spaltblättchen sind fast überall gleichförmig grün, stets biegsam und verrathen bei der Betrachtung im gewöhnlichen Lichte und beim Ätzen mit Flusssäure nichts von einem beigemengten Glimmer. Bei der optischen Prüfung zeigen dieselben jedoch ein ungleiches Verhalten. Viele Proben sind optisch zweiaxig positiv mit einem Axenwinkel von 79° und der Dispersion $\rho < \upsilon$. Die positive Mittellinie weicht von der Normalen zu $c$ bedeutend ab. Es ist ein normaler Klinochlor. Andere Platten sind optisch einaxig positiv und geben ein ziemlich scharfes Kreuz auf grünem Grunde ohne Farbenringe, verhalten sich also wie der positive Pennin. Manche Platten sind einaxig negativ und geben ein verwaschenes Kreuz ohne Ringe auf blauem Grunde, was dem negativen Pennin entspricht, jedoch sind mehrere der negativen Platten von den vorigen verschieden dadurch, dass sie ein scharfes Kreuz und den ersten Farbenring wahrnehmen lassen, was schon auf eine Beimischung von Phlogopit hindeutet. Endlich werden auch Spaltblättchen erhalten, welche stellenweise einen Stich ins Braune wahrnehmen liessen. Diese verhalten sich optisch zweiaxig negativ bei einem Axenwinkel von 28—30°. Das Mittelfeld der Interferenzfigur ist grau, die Abweichung der ersten Mittellinie von der Normalen zu $c$ ist kaum bemerklich, die Dispersion gleicht jener in einem früher beschriebenen Falle. Die Hyperbel der einen Axe ist auf der concaven Seite blau, auf der inneren, convexen gelb, während die andere Axe keine Dispersion merken lässt. Es ist genau dieselbe Interferenzfigur wie jene der Mischungen von vorwiegendem Klinochlor mit Phlogopit in der Probe von Kariaet in Grönland. Die Platten von negativem Charakter, welche schon bräunliche Farbe haben, fallen dadurch auf, dass sie leicht spaltbar sind und sehr glatte Spaltflächen liefern, wie der Phlogopit, während die erhaltenen Spaltblättchen doch biegsam sind, wenn auch nicht so vollkommen, wie jene des Klinochlors.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich entnehmen, dass der Tabergit von Taberg in Wermland für ein Gemenge von Klinochlor und Pennin zu halten ist, welchen beiden Chloriten ein Phlogopit innig beigemischt ist.

# Inhalt.

Seite

Historische Einleitung ..... 1
Chlorite der Hauptreihe ..... 5
Klinochlor vom Typus Achmatowsk ..... 6
Winkeltabelle ..... 10
Zwillinge ..... 17
Klinochlor von Ala ..... 22
Knickung und Fältelung der Endfläche ..... 24
Krümmung der Säulchen ..... 32
Leuchtenbergit ..... 34
Korundophilit ..... 37
Amesit ..... 39
Klinochlor vom Typus Zillerthal ..... 39
Winkeltabelle ..... 41
Zwillinge ..... 46
Klinochlor von Westchester ..... 48
Mimetischer Klinochlor ..... 56
Kotschubeyit ..... 62
Pennin ..... 67
Messungen ..... 69
Winkeltabelle ..... 70
Kämmererit ..... 75
Prochlorit ..... 77
Serpentin ..... 80
Parallele Verwachsung von Chlorit und Biotit ..... 83
Tabergit ..... 89

# Tafelerklärung.

## Tafel I.

Fig. 1. Klinochlor von Achmatowsk. Einfacher Krystall.
„ 2. Klinochlor von Achmatowsk. Einfacher Krystall.
„ 3. Klinochlor von Pfitsch. Einfacher Krystall.
„ 4. Orientirung der Schlag-, Druck- und Ätzfigur, sowie der optischen Axen im Klinochlor von Achmatowsk und Pfitsch.
„ 5. Optisches Verhalten einer Krystallplatte des Klinochlors von Pfitsch.
„ 6. Optisches Verhalten einer Krystallplatte des Klinochlors von Texas.
„ 7. Klinochlor von Achmatowsk. Berührungszwilling nach dem Glimmergesetze. Unsymmetrische Vertheilung der Flächen.
„ 8. Derselbe. Drillingskrystall mit unebenen Berührungsflächen.
„ 9. Derselbe. Obere und unterste Schichte eines Drillingskrystalles.
„ 10. Derselbe. Überlagerungszwilling nach dem Glimmergesetze.
„ 11. Klinochlor von Texas. Überlagerungszwilling nach dem Glimmergesetze.
„ 12. Klinochlor von Pfitsch. Der obere Theil des Krystalles zeigt die Folge dreier Schichten in den um 120° verschiedenen Stellungen.

## Tafel II.

Fig. 13. Klinochlor von Pfitsch. Optisches Verhalten von fünf aufeinanderfolgenden Schichten desselben Krystalles.
„ 14. Klinochlor von Ala. Fältelung der Endfläche.
„ 15. Derselbe. Kern und Hülle des Krystalles von verschiedener Form.
„ 16. Derselbe. Drillingskrystall mit Sectorenbildung.
„ 17. Leuchtenbergit von Slatoust. Drillingsverwachsung.
„ 18. Leuchtenbergit von Amity. Scheinbar einfacher Krystall.
„ 19. Korundophilit von Chester. Gewöhnliche Form der Krystalle.
„ 20. Derselbe. Orientirung der optischen Axen, der Schlagfigur und der Druckflächen.
„ 21. Klinochlor von Schwarzenstein im Zillerthal. Figur nach Hessenberg.
„ 22 und 23. Klinochlor aus dem Zillerthal. Neu beschriebene Formen.

## Tafel III.

Fig. 24—27. Klinochlor aus dem Zillerthal. Neu beschriebene Formen.
„ 28 und 29. Klinochlor vom Wildkreuzjoch in Pfitsch. Treppenbildung.
„ 30. Klinochlor aus dem Zillerthal. Feine Riefung der Endfläche.
„ 31. Derselbe von penninähnlicher Form.
„ 32 und 33. Derselbe. Zwillingskrystalle nach dem Glimmergesetze.
„ 34. Derselbe. Zwillingskrystall nach dem Penningesetze.
„ 35. Klinochlor von Westchester. Bild eines einzelnen Krystalles, verkleinert.
„ 36. Schlagfigur am Klinochlor vom Zillerthal.
„ 37. Klinochlor von Westchester. Absonderungen nach den Schlagflächen.
„ 38. Derselbe. Absonderungen nach den Druckflächen.

## Tafel IV.

Fig. 39. Ätzfiguren auf der Oberseite eines Klinochlorkrystalles von Westchester.
„ 40. Ätzfiguren auf der Unterseite desselben Krystalles.
„ 41. Einzelne Ätzfigur auf der Oberseite eines Klinochlorkrystalles aus dem Zillerthale.
„ 42. Einzelne Ätzfigur auf der Unterseite desselben Krystalles.
„ 43. Einzelnes Ätzgrübchen mit Angabe der Winkel.
„ 44. Klinochlor von Westchester. Projection der Axenbilder auf die Endfläche.
„ 45. Klinochlor aus dem Zillerthal. Projection der Axenbilder auf die Endfläche.
„ 46. Orientirung der optischen Axen und der ersten Mittellinie in der Symmetrieebene eines Krystalles aus dem Zillerthale.
„ 47. Klinochlor von Westchester. Lage der optischen Axen in der obersten Schichte eines Krystalles.
„ 48. Derselbe. Die Ebenen der optischen Axen sind in einer Schichte des Krystalles um 30° verschieden.
„ 49. Klinochlor aus dem Zillerthal. Verhalten einer Platte zwischen gekreuzten Nicols.
„ 50 und 51. Mimetischer Klinochlor aus dem Zillerthal. Zwillingskrystalle nach dem Penningesetze.

## Tafel V.

Fig. 52. Mimetischer Klinochlor aus dem Zillerthal. Scheinbar einfacher Krystall.
„ 53. Derselbe. Ein tafelförmiger, scheinbar einfacher Krystall.
„ 54. Derselbe. Zwillingskrystall nach dem Penningesetze. Die Mittelschichte geht in eine dünne Tafel aus.
„ 55. Derselbe. Wiederholungszwilling nach dem Penningesetze.

Fig. 56. Lage der Cohäsionsfiguren und optischen Axen in dem mimetischen Klinochlor.

„ 57. Kotschubeyit vom Ural. Krystall von anscheinend rhomboëdrischer Form.

„ 58. Pennin von Zermatt. Scheinbar einfacher Krystall.

„ 59. Derselbe. Zwillingskrystall nach 001 (Penningesetz).

„ 60. Pennin vom Zillerthal und Zermatt. Scheinbares Rhomboëder 3*R*.

„ 61. Regelmässige Verwachsung von Klinochlor und Phlogopit. St. Marcel.

„ 62. Regelmässige Verwachsung von Klinochlor und Phlogopit. Kariaet.

---

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.

*Fig. 2.*

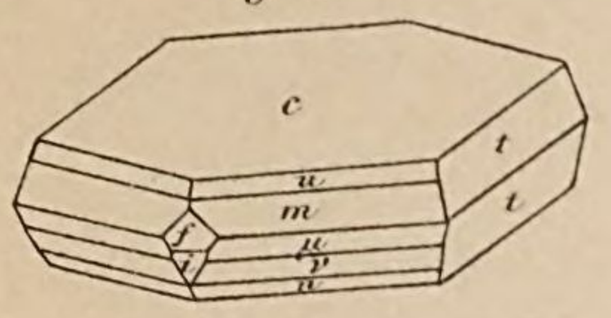



*Fig. 3.*

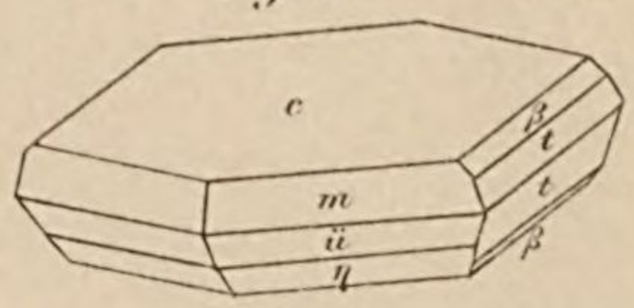



*Fig. 1.*

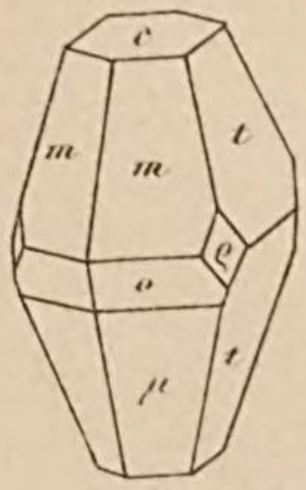



*Fig. 5.*

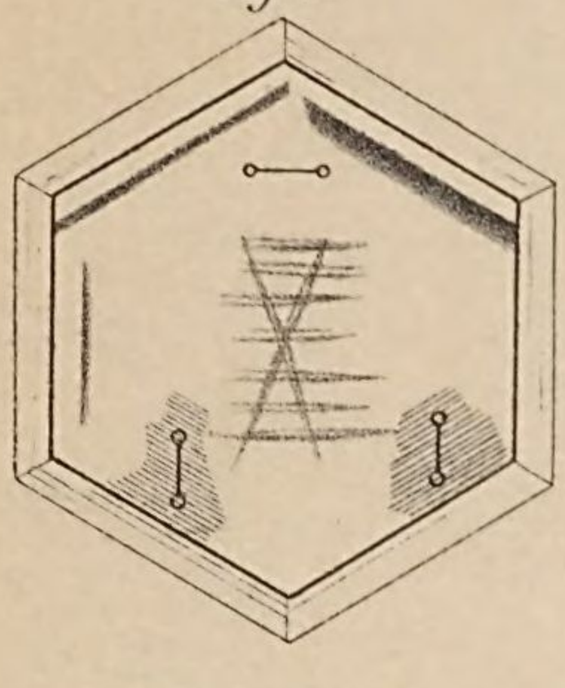


*Fig. 6.*

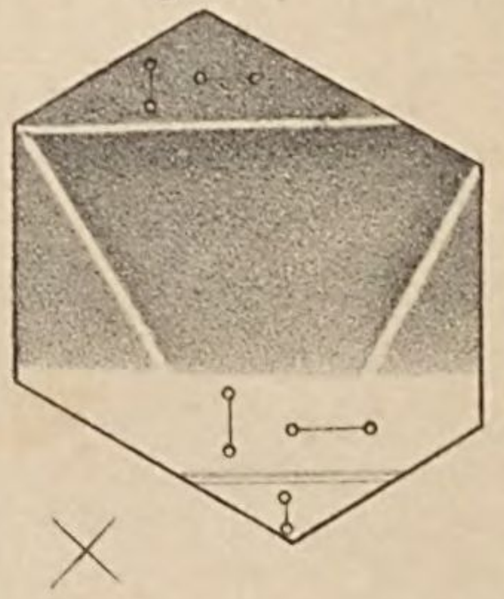


*Fig. 4.*

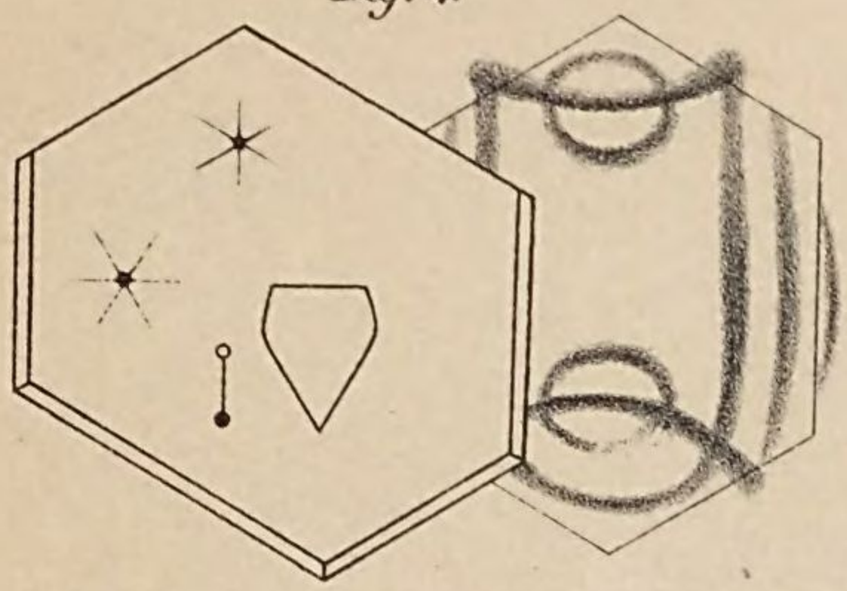


*Fig. 9.*

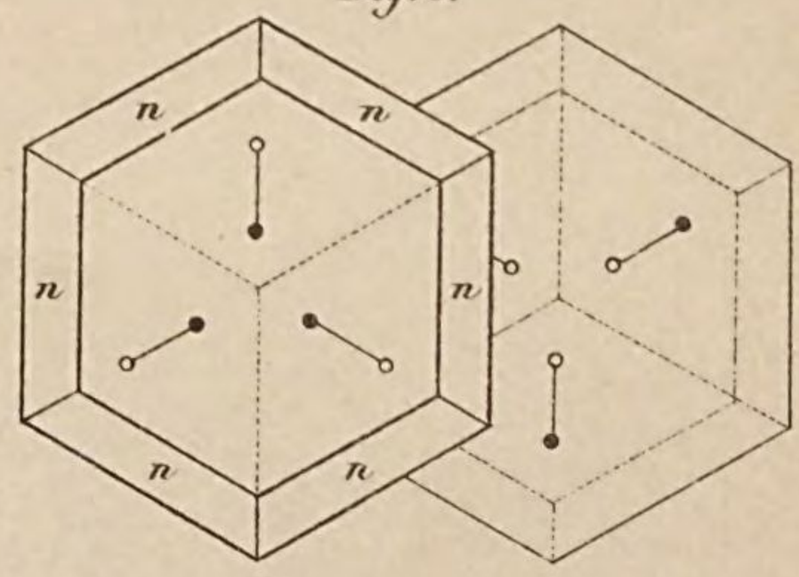



*Fig. 7.*

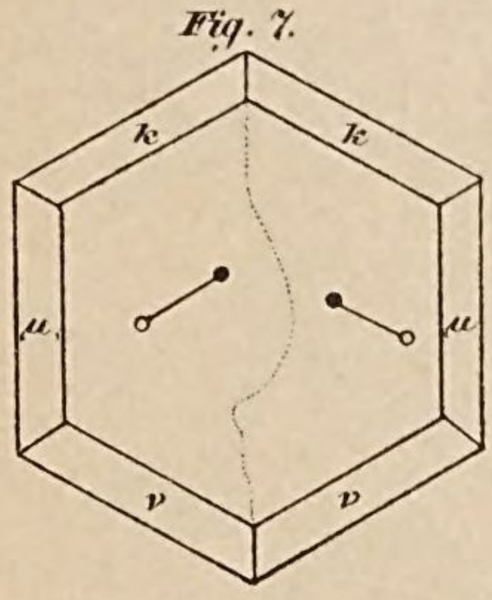



*Fig. 11.*

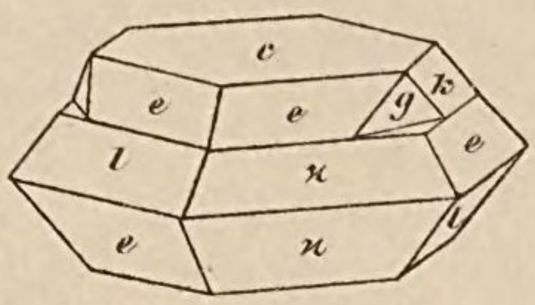



*Fig. 8.*

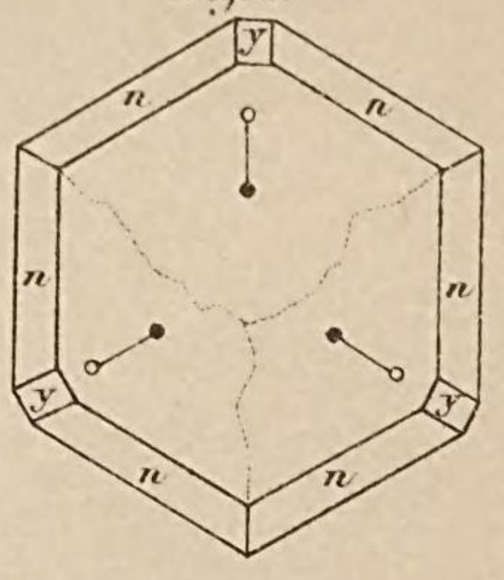



*Fig. 10.*

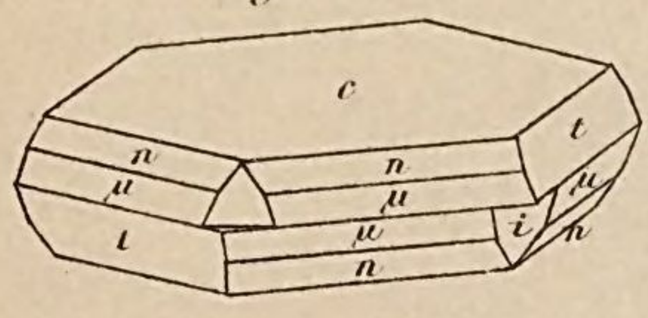
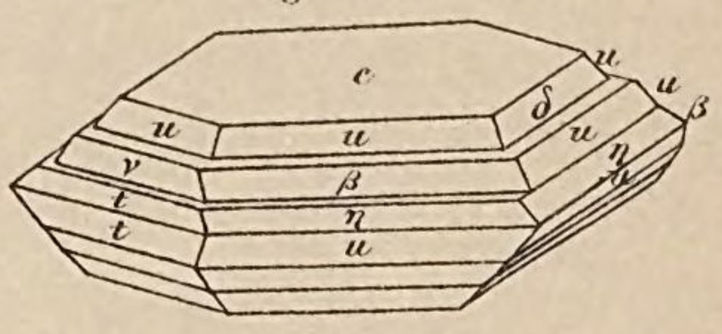



*Fig. 12.*




Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien.

*Fig. 13a.*

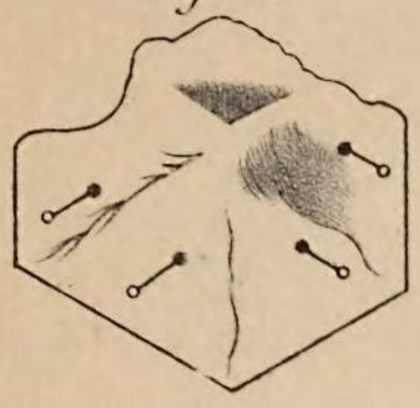


*Fig. 13b.*

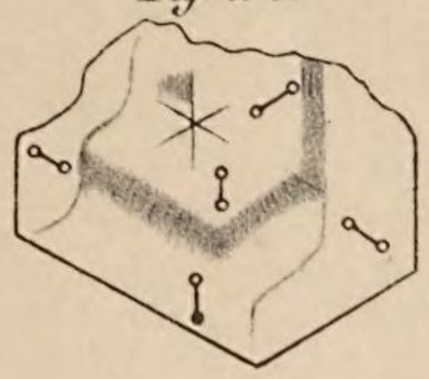


*Fig. 13c.*

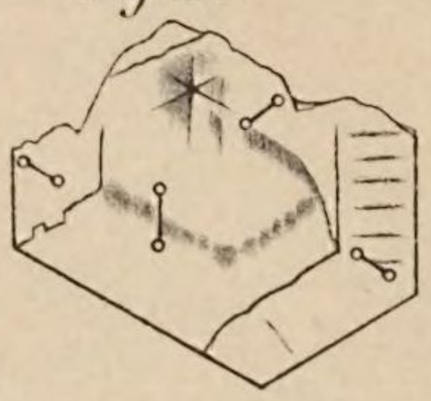


*Fig. 13d.*

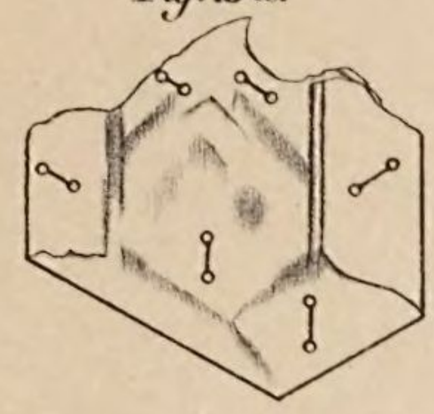


*Fig. 13e.*

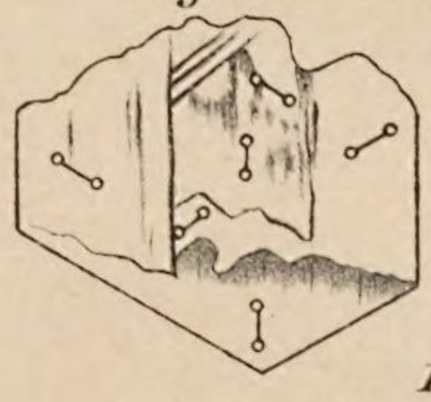


*Fig. 14.*

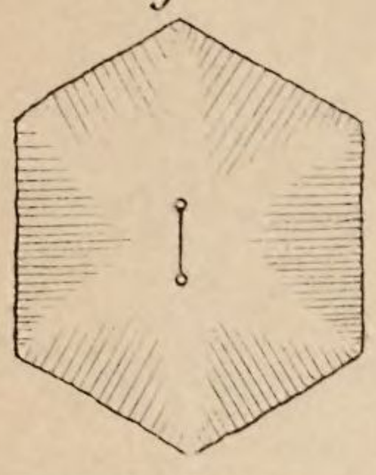


*Fig. 15a.*

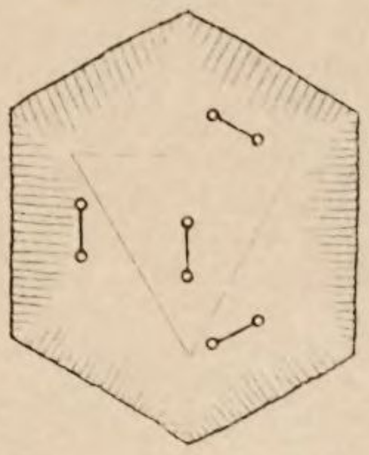


*Fig. 15b.*

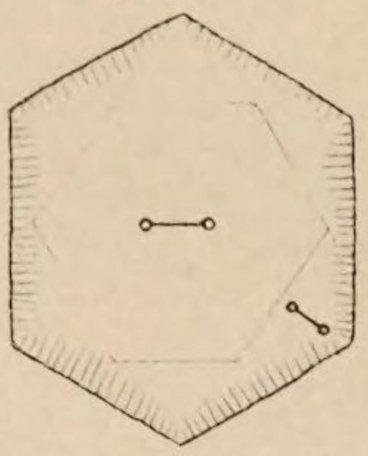


*Fig. 16.*

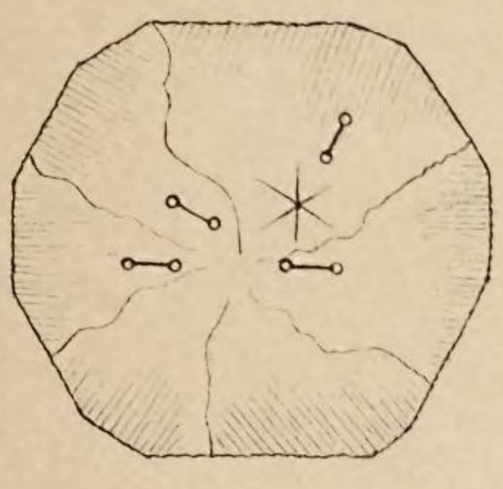


*Fig. 17.*

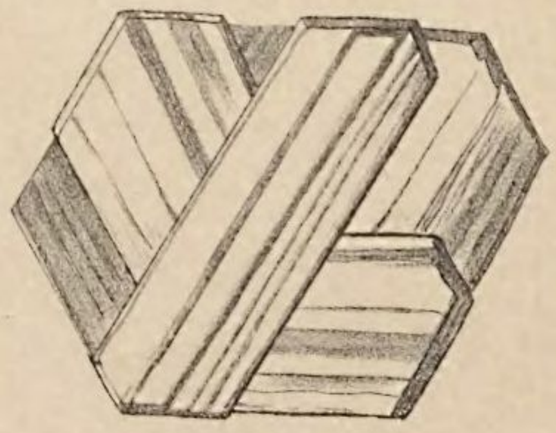


*Fig. 18.*

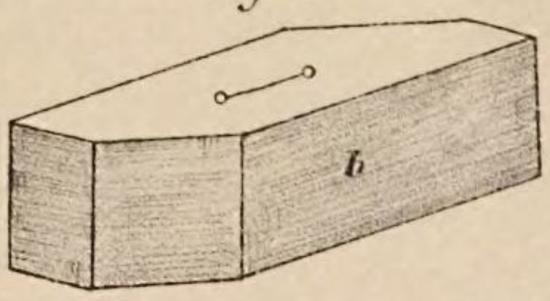



*Fig. 20.*

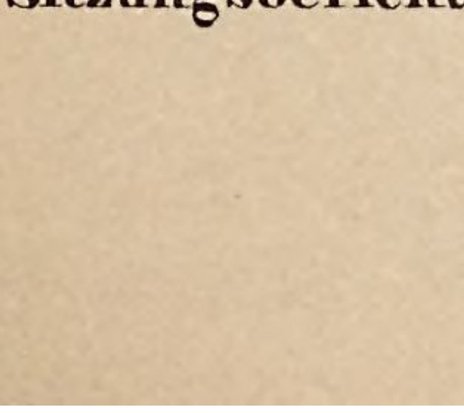


*Fig. 19.*

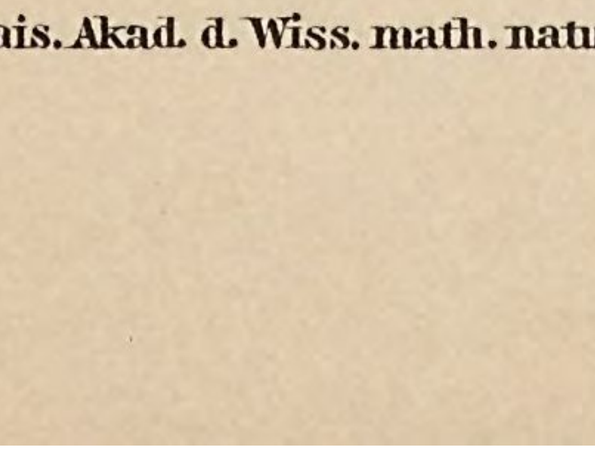


*Fig. 21.*

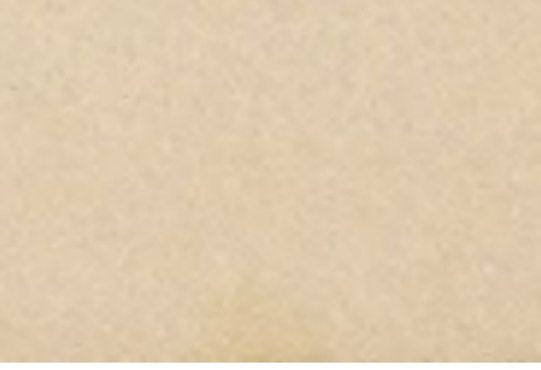



*Fig. 22.*




*Fig. 23.*




Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien.

Fig. 25.

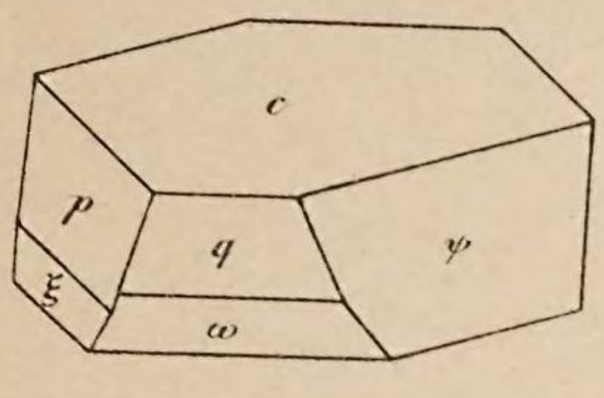



Fig. 24.

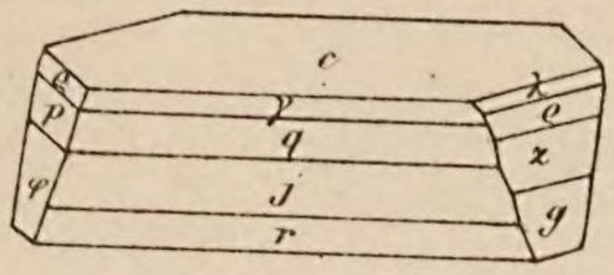



Fig. 26.

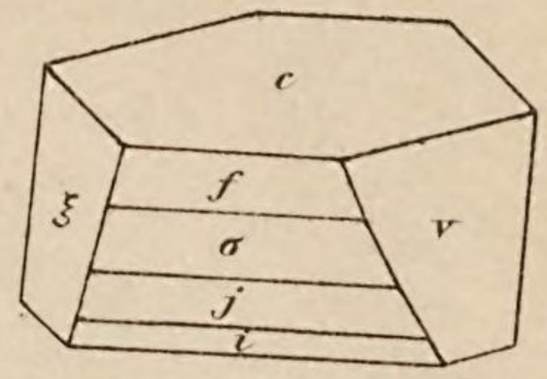



Fig. 28.

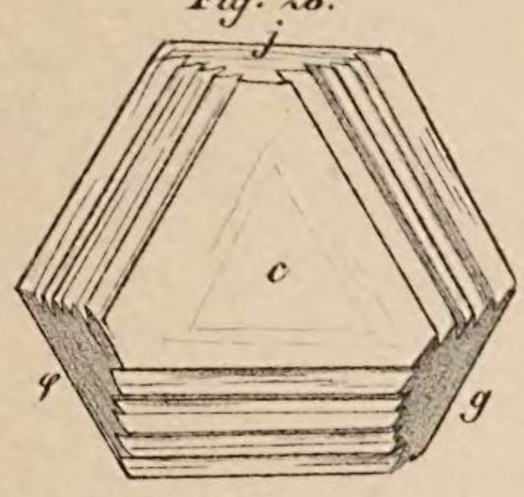



Fig. 29.

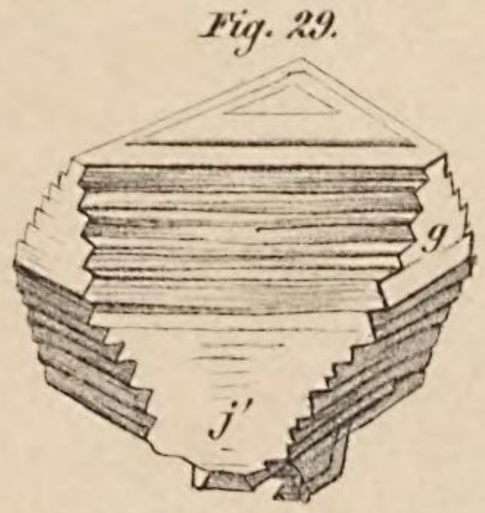



Fig. 30.

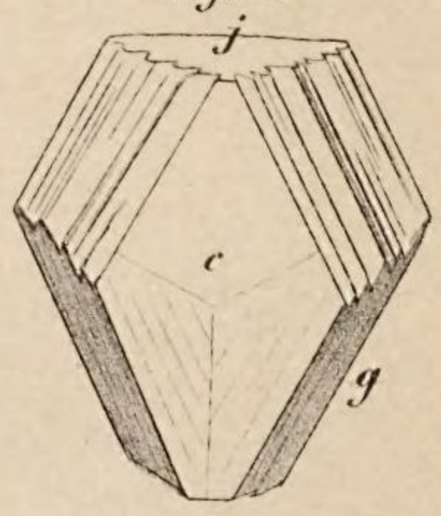



Fig. 31.

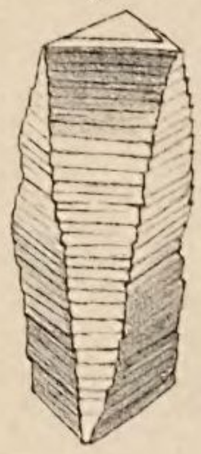


Fig. 32.

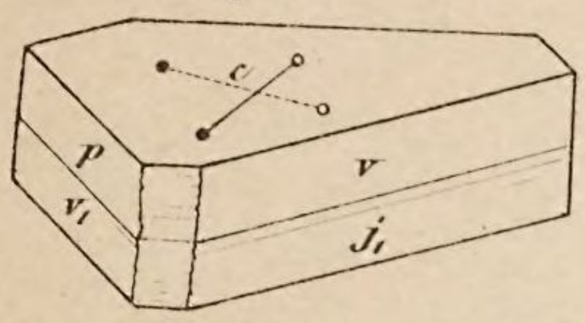



Fig. 33.

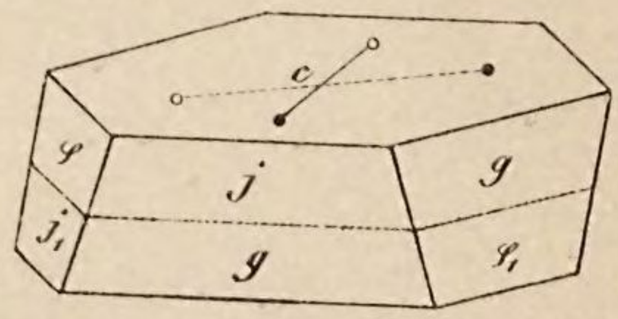



Fig. 34.

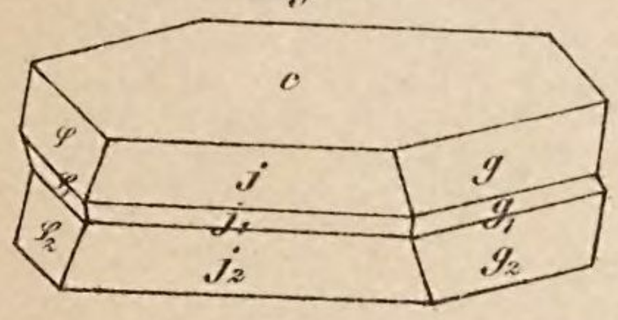



Fig. 27.

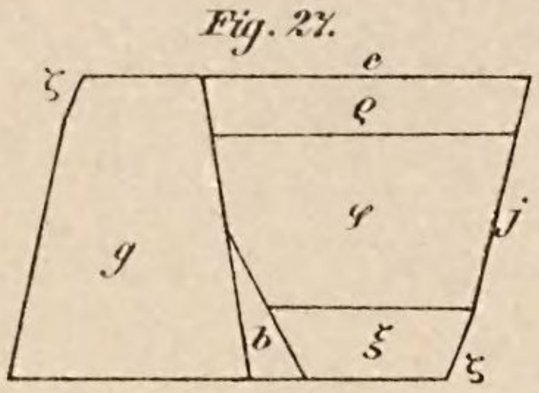



Fig. 35.

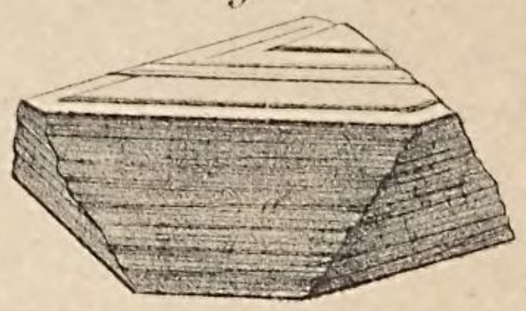


Fig. 36.

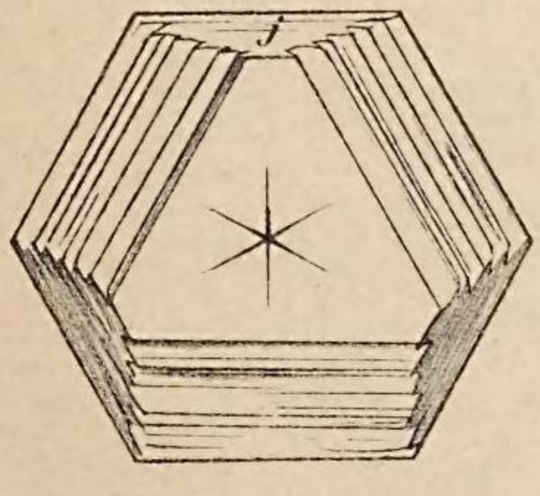



Fig. 37.

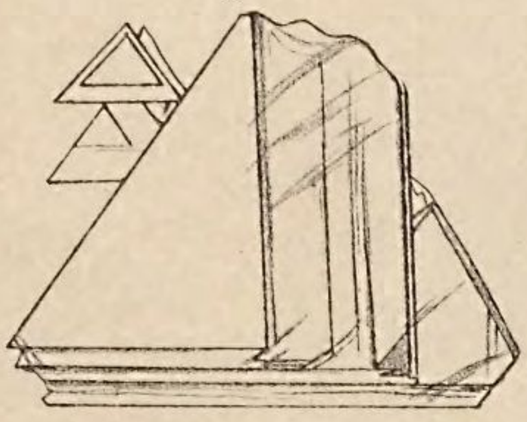
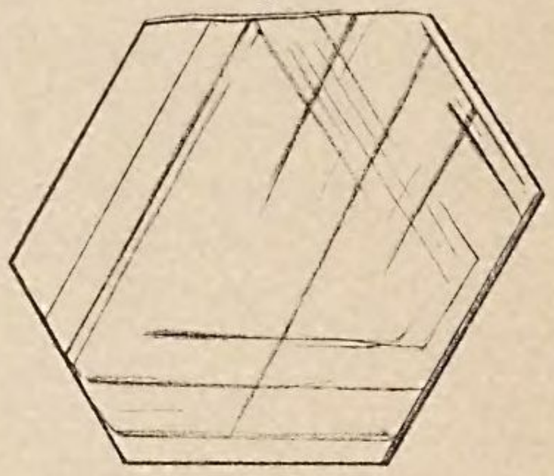


Fig. 38.



Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien.

*Fig. 39.*

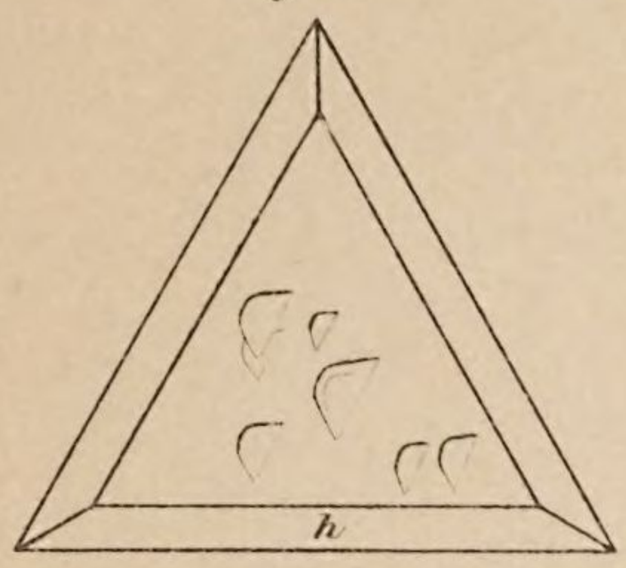



*Fig. 41.*

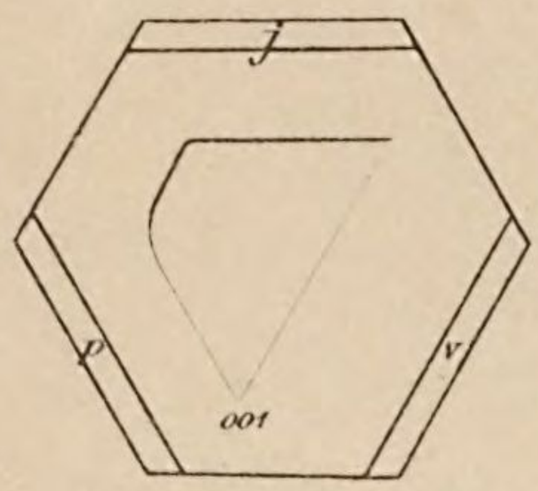



*Fig. 40.*

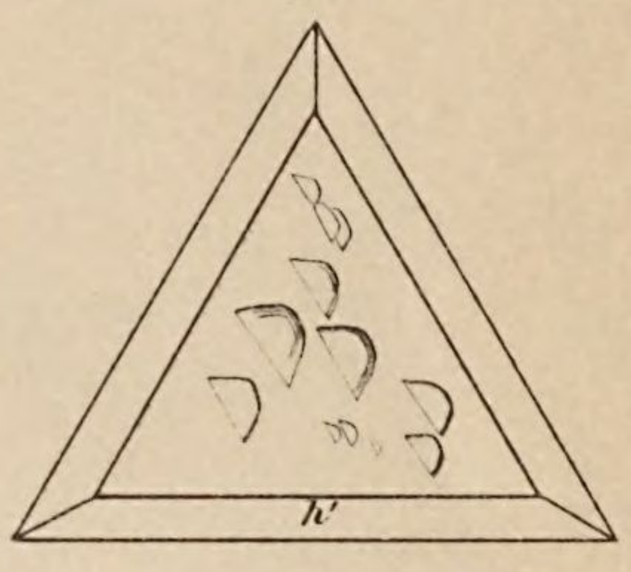



*Fig. 42.*

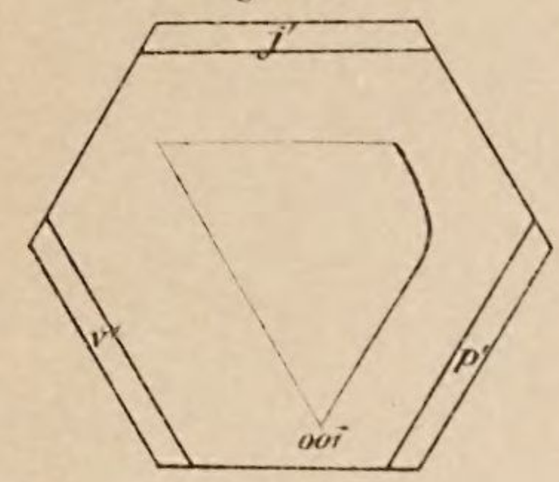



*Fig. 44.*

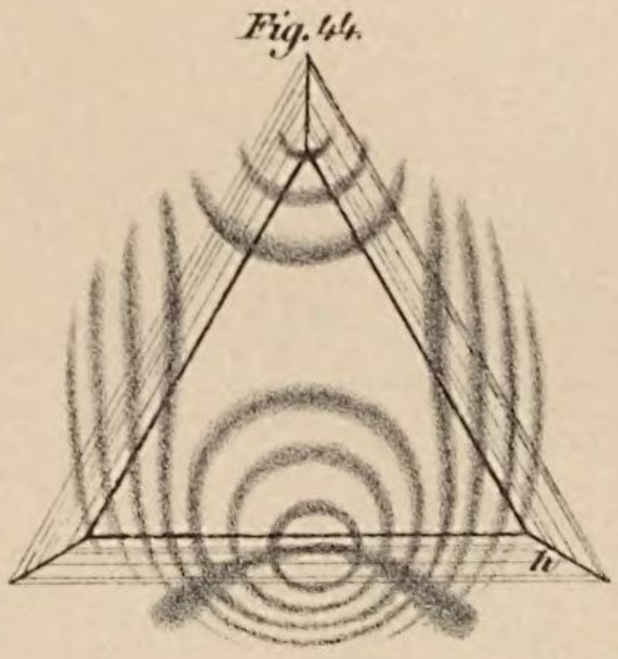



*Fig. 43.*

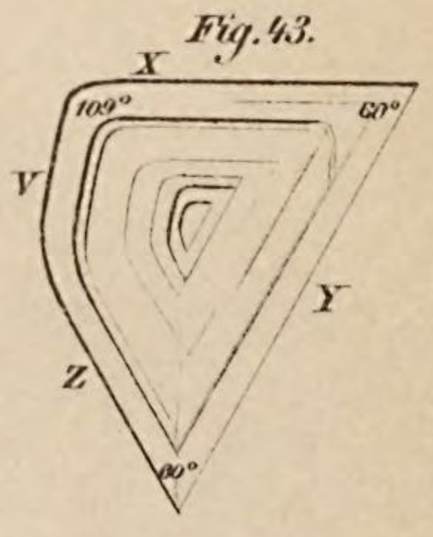



*Fig. 47.*

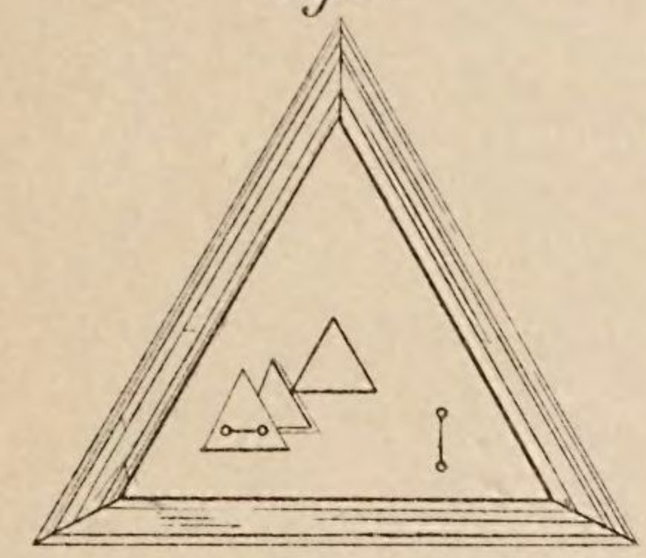


*Fig. 45.*

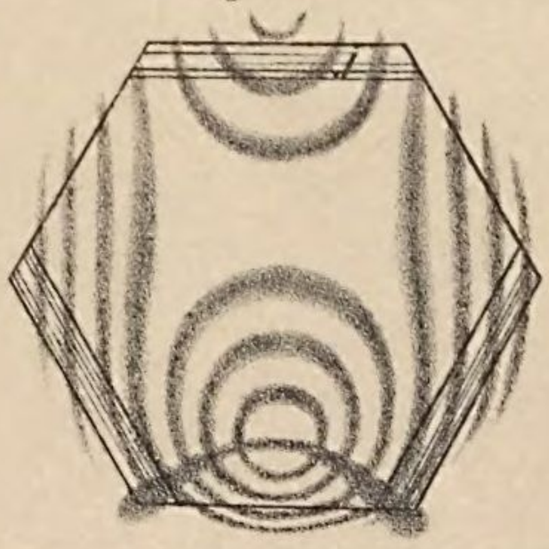



*Fig. 48.*

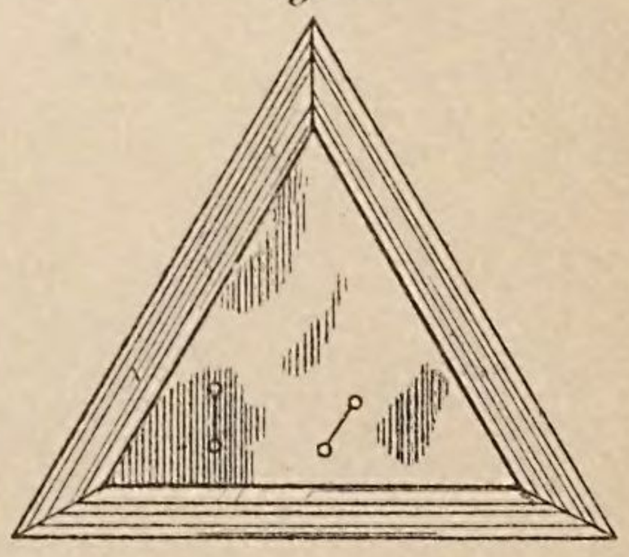


*Fig. 50.*

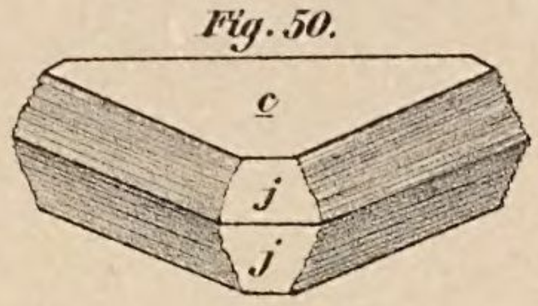



*Fig. 46.*

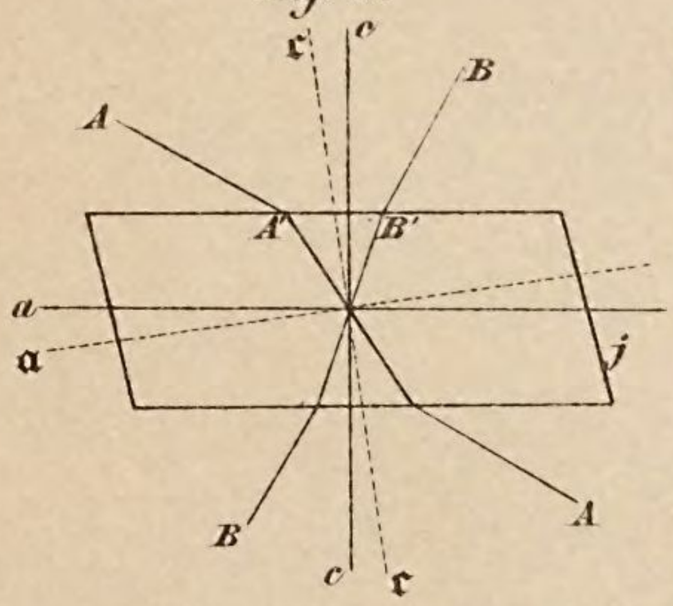



*Fig. 49.*

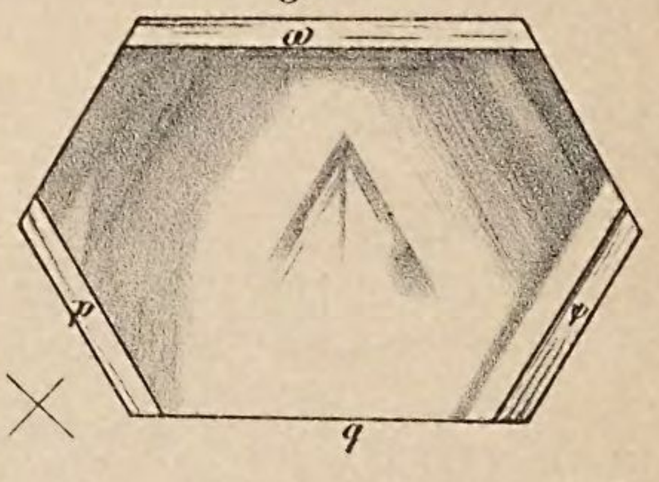
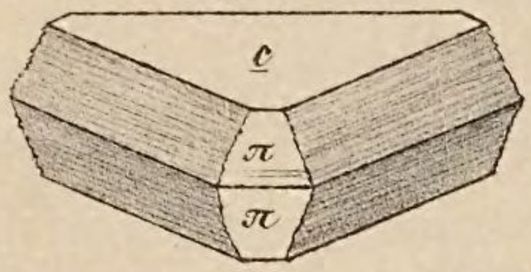



*Fig. 51.*




Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wie

*Fig. 53.*

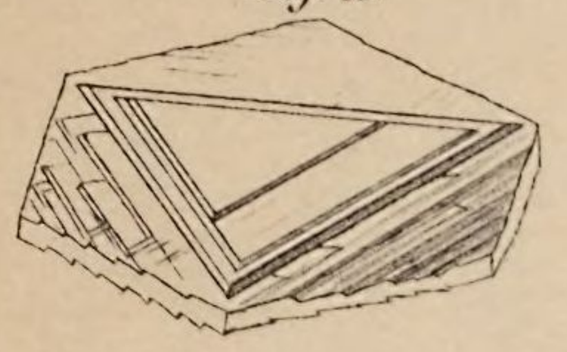


*Fig. 52.*

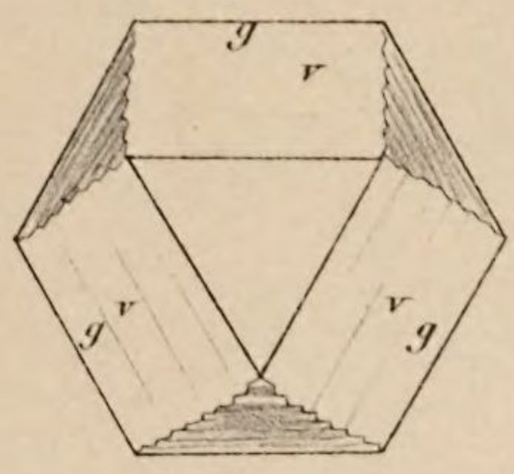



*Fig. 54.*

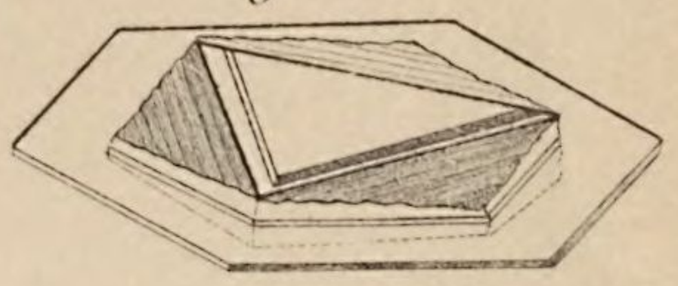


*Fig. 55.*

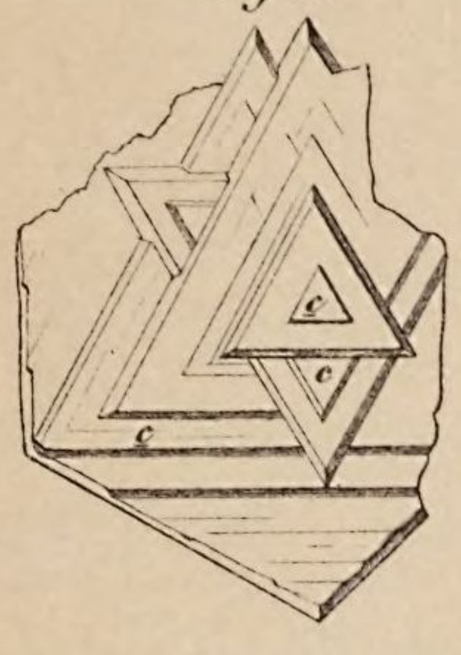



*Fig. 56.*

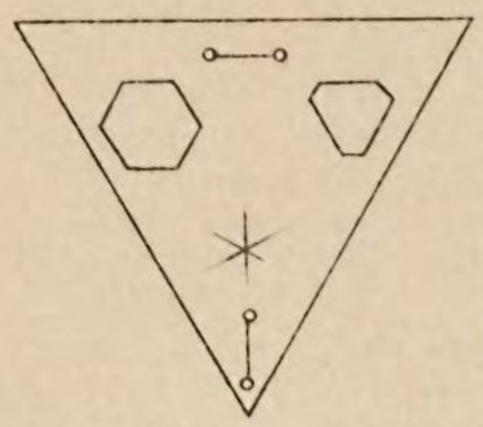


*Fig. 57.*

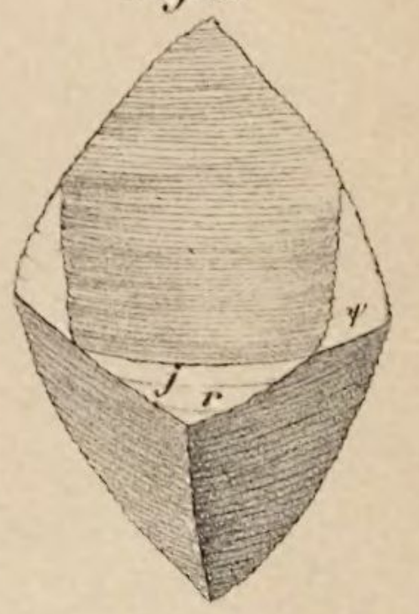



*Fig. 58.*

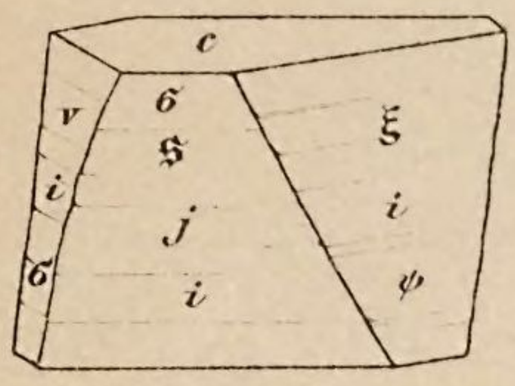



*Fig. 60.*

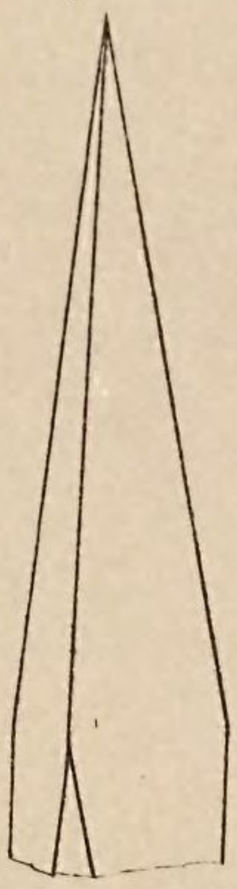


*Fig. 59.*

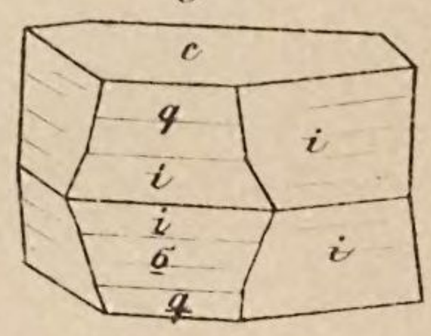



*Fig. 61.*

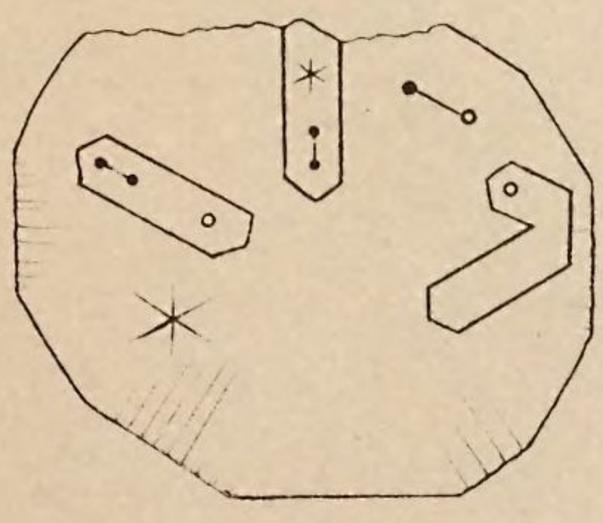
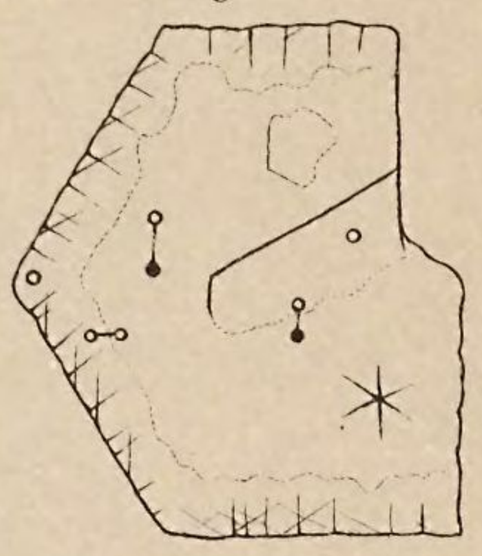


*Fig. 62.*



Lith. Anst. v. G. Freytag & Berndt, Wien.

**Stur, D.**, die obertriadische Flora der Lunzer Schichten und des bituminösen Schiefers von Raibl. . . . . — fl. 12 kr.

**Zahálka, E.**, die *Isoraphinia texta* Roem. sp. und *Scytalia pertusa* Reuss sp. aus der Umgegend von Raudnitz a./E. in Böhmen. (Mit 2 Tafeln.) . . . . . — fl. 30 kr.

**Zepharovich, V. v.**, die Krystallformen einiger Campherderivate. III. (Mit 2 Tafeln und 7 Holzschnitten.) . . . . . — fl. 40 kr.

## Aus den Denkschriften für 1886.

**Frauscher, F.**, das Unter-Eocän der Nordalpen und seine Fauna. I. *Lamellibranchiata*. (Mit 12 Tafeln, 4 Tabellen und 1 Textfigur.) . . . . . 9 fl. — kr.

## Aus den Sitzungsberichten 1886.

**Bittner, A.**, neue Brachyuren des Eocän von Verona. (Mit 1 Tafel.) . . . . . — fl. 25 kr.

**Bruder, G.**, neue Beiträge zur Kenntniss der Juraablagerungen im südlichen Böhmen. II. (Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.) . . . . . — fl. 30 kr.

**Ettingshausen, C. Freih. v.**, Beiträge zur Kenntniss der Tertiärflora Australiens. II. Folge. (Auszug aus den Denkschriften.) . . . . . — fl. 6 kr.

**Niedzwiedzki, J.**, zur Kenntniss der Fossilien des Miocäns bei Wieliczka und Bochnia. (Mit 1 Tafel.) . . . . . — fl. 20 kr.

**Schuster, M.**, Resultate der Untersuchung des nach dem Schlammregen vom 14. October 1885 in Klagenfurt gesammelten Staubes. (Mit 2 Tafeln.) . . . . . — fl. 50 kr.

**Suess, E.**, über unterbrochene Gebirgsfaltung. . . . . — fl. 8 kr.

**Zlatarski, S.**, Geologische Untersuchungen im centralen Balkan und in den angrenzenden Gebieten. Beiträge zur Geologie des nördlichen Balkan-Vorlandes zwischen den Flüssen Isker und Jantra. (Mit 3 Tafeln und 1 Textfigur.) . . . . . 1 fl. 20 kr.

## Aus den Denkschriften für 1887.

**Ettingshausen, C. Freih. v.**, Beiträge zur Kenntniss der Tertiärflora Australiens. II. Folge. (Mit 8 Tafeln.) . . . . . 3 fl. 20 kr.

— Beiträge zur Kenntniss der fossilen Flora Neuseelands. (Mit 9 Tafeln.) . 3 fl. — kr.

**Hauer, F. v.**, Die Cephalopoden des bosnischen Muschelkalkes von Han Bulog bei Sarajevo. (Mit 8 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 90 kr.

## Aus den Sitzungsberichten für 1887.

**Conrath, P.**, über einige silurische Pelecypoden. (Mit 2 Tafeln.) . . . . . — fl. 35 kr.

**Ebner, V. v.**, über den feineren Bau der Skelettheile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskelete überhaupt. (Mit 4 Tafeln.) . . . . . 1 fl. 60 kr.

**Ettingshausen, C. Freih. v.**, Beiträge zur Kenntniss der fossilen Flora Neuseelands. (Auszug aus den Denkschriften.) . . . . . — fl. 5 kr.

**Neumayr, M.**, die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse der schalentragenden Foraminiferen. . . . . — fl. 30 kr.

**Toula, F.**, über *Aspidura Raiblana* nov. spec. (Mit 1 Tafel.) . . . . . — fl. 25 kr.

**Weithofer, A.**, zur Kenntniss der fossilen Cheiropteren der französischen Phosphorite. (Mit 1 Tafel.) . . . . . — fl. 30 kr.

## Aus den Denkschriften für 1888.

**Ettingshausen, C. Freih. v.**, die fossile Flora von Leoben in Steiermark. I. Theil. (Enthaltend die Cryptogamen, Gymnospermen, Monocotyledonen und Apetalen.) (Mit 4 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 25 kr.

— die fossile Flora von Leoben in Steiermark. II. Theil. (Enthaltend die Gamopetalen und Dialypetalen. (Mit 5 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 70 kr.

**Hauer, F. v.**, die Cephalopoden des bosnischen Muschelkalkes von Han Bulog bei Sarajevo. (Mit 8 Tafeln.) . . . . . 2 fl. 90 kr.

## Aus den Sitzungsberichten für 1888.

**Diener, C.**, geologische Studien im südwestlichen Graubünden. (Mit 4 Tafeln und 3 Textfiguren.) . . . . . 1 fl. 10 kr.

**Katzer, F.**, Spongienschichten im mittelböhmischen Devon. (Hercyn.) (Mit 1 Tafel.) — fl. 25 kr.

**Kerner, A. R. v. Merilaun**, Studien über die Flora der Diluvialzeit in den Alpen. — fl. 30 kr.

— Über die Verbreitung von Quarzgeschieben durch wilde Hühnervögel . — fl. 5 kr.

**Rodler, A.**, einige Bemerkungen über die Geologie Nordpersiens . . . . . — fl. 15 kr.

**Szajnocha, L.**, über fossile Pflanzenreste aus Cacheuta in der argentinischen Republik. — fl. 50 kr.

**Wettstein, R. v.**, *Rhododendron Ponticum* L. fossil in den Nordalpen (Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.) . . . . . — fl. 25 kr.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Tschermak, Gust.

Die Chloritgruppe Aus den Sitz. berichten des k. Akad. d. Wiss. in Wien. Math. naturw. Cl. Bd. 99. 100

Bd.: 1

1890

Lith. 400 li-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11648230-8